



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

*Facultad de Ingeniería Industrial y  
Turismo*

*Departamento de Ingeniería  
Industrial*

*Tesis presentada en opción al grado  
académico de Master en Ciencias*

*Contribución a la toma de decisiones para  
el diseño del subsistema logístico inverso  
de aprovisionamiento para los envases de  
vidrio de Cervecería Bucanero S. A.*

*Autor: Ing. Yasel José Costa Salas*

*Tutor: Dr. C. René Abreu Ledón*

2007-2008



*Pensamiento*  
*Pensamiento*

*Solo perdura y es para bien, la riqueza que se crea.*

*José Martí.*



*Resumen*  
*Resumen*



## **RESUMEN**

La presente investigación se realizó en la Compañía Almacenes Universales S. A. Sucursal Villa Clara. El objetivo general de la investigación es mejorar y aplicar el procedimiento propuesto por Costa Salas (2008) referido a las estrategias de localización de almacenes intermedios para reciclaje de envases de vidrio de Cervecería Bucanero S. A.

El motivo fundamental para realizar esta investigación es lograr el paulatino incremento de la recogida de envases de vidrio para Cervecería Bucanero S. A., basado esencialmente en la ubicación de puntos de intercambios o almacenes intermedios. Las decisiones de localización propuestas por el procedimiento anteriormente mencionado no están exentas, como toda herramienta desarrollada por el hombre, a la mejora continua, además teniendo en cuenta la envergadura de tales decisiones estratégicas en una cadena de suministro, se requiere del mejoramiento y posterior aplicación de dicho procedimiento.

En la investigación se utilizaron una serie de técnicas estadísticas matemáticas, las cuales, unidas a herramientas de logística de transporte, permitieron la obtención del procedimiento que se sustentan en los objetivos y necesidades de estas compañías. La aplicación del procedimiento en la Sucursal de Villa Clara permitió validar las herramientas propuestas, así como comprobar la elevación de la efectividad en las decisiones logísticas referidas al aprovisionamiento.



*Abstract*  
*Abstract*



## **ABSTRACT**

The present research was carried out in the Company Almacenes Universales S. A. Sucursal Villa Clara. The objective of this research is the contribution to the decisions making for the design of the supply reverse logistical subsystem of the different containers glass types for the Company Cervecería Bucanero S. A, by means of the application of a procedure that approaches the recovery different stages of these glass containers inside the supply subsystem.

The fundamental reason to carry out this research is to achieve the gradual increment of the glass containers collection for the Cervecería Bucanero S. A., as well as the incorporation of services in Almacenes Universales S. A. Sucursal Villa Clara, in correspondence with the strategic objectives of the Almacenes Universales Main House. This on the other hand doesn't have a procedure that in function of the previous objective, allow the recovery in an effective way of glass containers, for what requires of a procedure that contributes to the design of the reverse logistical subsystem that supports the recovery of these containers in an optimal way, taking into consideration the elements contemplated in the process of supply in an objective way.

In the research they were used a series of mathematical statistical techniques, which, together to tools of logistics of transportation, allowed the obtaining of the procedure that they are sustained in the objectives and necessities of these companies. The application of the procedure in the Sucursal Villa Clara allowed to validate the proposed tools, as well as to check the elevation of the effectiveness in the logistical decisions referred to the supply.



*Índice*  
*Índice*



## INDICE

	Página
<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL</b>	
1.1. Estrategia para la construcción del Marco Teórico y Referencial de la investigación.....	6
1.2. Logística, cadena de suministro. Definiciones, característica e impacto en el logro de la competitividad.....	7
1.3. Logística inversa.....	12
1.3.1. Actividades de la logística inversa. ....	14
1.3.2. Procesos de la logística inversa.....	17
1.3.3. La logística inversa dentro de una organización... ..	18
1.3.4. Necesidad de la logística inversa... ..	20
1.4. La logística inversa en Cuba.....	21
1.5. Principales procedimientos para el diseño y gestión de la logística de aprovisionamiento.....	22
1.6. Localización de instalaciones. Antecedentes.....	24
1.7. Principales experiencias del subsistema de aprovisionamiento en Almacenes Universales Sucursal Varadero... ..	27
1.8. Conclusiones Parciales.....	30
<b>CAPÍTULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA CONTRIBUCION A LA TOMA DE DECISIONES PARA EL DISEÑO DEL SUBSISTEMA LOGÍSTICO INVERSO DE APROVISIONAMIENTO DE LOS ENVASES VIDRIO DE CERVECERÍA BUCANERO S. A</b>	
2.1. Introducción.....	31
2.2. Desarrollo del procedimientos por etapas.....	31
2.2.1. Estudio del consumo de la cerveza producida por Cervecería Bucanero S. A.....	31
2.2.2. Determinación de los niveles de arribos del envase de vidrio vacío a Entidades de Materias Primas.....	33
2.2.3. Comparación de los niveles de consumo con respecto a los niveles de arribos.....	35
2.2.4. Localización de almacenes intermedios.....	36
2.2.5. Determinación de la transportación.....	43
2.2.6. Control del desempeño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento para los envases de vidrio vacío.....	47
2.3. Conclusiones Parciales.....	49
<b>CAPÍTULO III. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA CONTRIBUCION A LA TOMA DE DECISIONES PARA EL DISEÑO DEL SUBSISTEMA LOGÍSTICO INVERSO DE APROVISIONAMIENTO DE LOS ENVASES DE VIDRIO DE CERVECERÍA BUCANERO S. A</b>	
3.1. Introducción... ..	50

3.2. Caracterización de Almacenes Universales S. A. Sucursal Villa Clara.....	50
3.3. Aplicación del procedimiento por etapas.....	53
3.4. Valoración de criterios que sustentan la hipótesis de la investigación.....	61
3.5. Conclusiones Parciales.....	65
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b>	



# *Introducción*

## *Introducción*



## **INTRODUCCION**

La economía cubana, a pesar de la difícil situación internacional, ha adoptado nuevas estrategias de competitividad para consolidar su proyecto orientadas a cumplir con las expectativas de los clientes de forma creciente, de manera que se le ofrezcan productos y servicios cada día mejores que brinden mayores oportunidades y menores costos, así como la eliminación de los desperdicios durante todo el proceso productivo e incluyéndole a cada producto o servicio algo de calidad apasionante, aquello que el cliente no espera y el producto o servicio posee con creces.

La adecuada Gestión de la Cadena de Suministro se está convirtiendo en uno de los elementos claves de la estrategia competitiva de las empresas. En la actualidad la competencia, no es solo entre empresas sino entre cadenas de suministro, las nuevas herramientas de gestión basadas en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, potencian la integración de las empresas que constituyen las diferentes cadenas de suministro, para conseguir un sistema único capaz de responder con mayor eficacia a las necesidades del mercado.

Nuevas tendencias de producción y de calidad respetuosas con el medio ambiente se pueden notar en las empresas modernas, la logística, como actividad empresarial importante se ha desarrollado también en este sentido apareciendo las estrategias de logística inversa a finales del siglo pasado, con el objetivo del retorno de los productos, envases y embalajes para la reutilización directa, salvar algunas partes, el reciclaje de los materiales o una correcta eliminación de los mismos con un mínimo impacto ambiental. Aunque se han desarrollado grandes avances en este sentido es todavía novedoso sobre todo en países en vías de desarrollo donde queda mucho camino por andar.

Sin lugar a duda la búsqueda incesante del perfeccionamiento en el campo de la logística inversa, ha propiciado que diversos autores desarrollen modelos y procedimientos relacionados con el diseño y gestión de las cadenas de suministro inversa; algunos han abordado esta problemática con visión algo limitada y otros con un nivel de profundidad avanzada. No obstante, eso no ha sido así en todas las empresas, algunas se han quedado atrás en la aplicación de la logística inversa mostrando un bajo desempeño para producir bienes o servicios, los cuales le han impedido retar la competencia.

Una de las empresas rezagadas en la aplicación de las filosofías de la logística inversa constituye Almacenes Universales S. A. Sucursal Villa Clara, la cual fue creada con carácter retroactivo, el día 30 de Agosto de 1995 por la Resolución No. 43/99 del Presidente de la Compañía en el lugar en que actualmente se encuentra enclavada. A su vez está constituida por una base de Almacenes en dos áreas de almacenes y una Filial de Transporte, así como las

Direcciones de Economía, Comercial, Recursos Humanos, Aseguramiento, Inversiones Construcción y Desarrollo, Seguridad Empresarial.

La Plantilla de Cargos que determina la estructura y el funcionamiento de la Sucursal fue aprobada mediante la Resolución No. 87/03 del Presidente de la Compañía.

La empresa Almacenes Universales S.A. Sucursal Villa Clara contempla dentro de su objeto social, la transportación, almacenamiento y distribución de mercancías a los destinos indicados. En estos momentos a la empresa se le ha planteado la propuesta por parte de Cervecería Bucanero S.A. de la prestación del servicio de recuperación del envase de vidrio, debido a que esta compañía ha presentado interrupciones en su proceso de producción, unido además a otro elemento de relevancia, entre los que se encuentran reprocesamientos innecesarios de los envases de la cervecería por parte de la fábrica de Villa Clara. Sin lugar a dudas Cervecería Bucanero S. A manifiesta una salud económica favorable, lo que implicaría una bonificación atractiva por la prestación de ese servicio. Para el desarrollo del mismo la empresa cuenta con un procedimiento desarrollado por Costa Salas (2008), el cual contribuye a la toma de un grupo de decisiones, entre las que se encuentra las decisiones de localización de almacenes intermedios. Dicho procedimiento, como toda herramienta creada por el hombre no está exento a la mejora continua, es por ello que la pretensión del presente proyecto y futura tesis de diploma se proyectará hacia el mejoramiento y aplicación de las estrategias de localización. Todo lo que se expone anteriormente es una síntesis de la situación problemática de la investigación.

Por todo lo anterior, se puede plantear como problema científico de esta investigación:

*Para elevar la efectividad en las decisiones logísticas referidas a la localización de almacenes intermedios para el reciclaje de envases de vidrio de Cervecería Bucanero S. A, se requiere del mejoramiento y aplicación de un procedimiento científicamente argumentado que permita estrategias óptimas de localización; lo cual exige de un proceso de investigación científica que conduzca a la futura implantación de dichas decisiones.*

El objetivo general de la investigación *es mejorar y aplicar el procedimiento propuesto por Costa Salas (2008) referido a las estrategias de localización de almacenes intermedios para reciclaje de envases de vidrio de Cervecería Bucanero S. A.*

Los objetivos específicos con sus correspondientes preguntas de investigación se abordaran a continuación:

Los objetivos específicos con sus correspondientes preguntas de investigación se abordaran a continuación:

1. *Realizar una revisión crítica de la bibliografía especializada en busca de los conceptos más actuales de logística, sistemas logísticos y cadenas de suministros, además de localización de instalaciones y sus antecedentes.*
2. *Mejorar el procedimiento propuesto por Costa Salas (2008) referido a la localización de almacenes intermedios.*
3. *Aplicar el procedimiento mejorado para la búsqueda de estrategias de localización de almacenes intermedios para envases de vidrio de Cervecería Bucanero S. A*

*Como hipótesis del trabajo de diploma se formuló, la mejora y aplicación de un procedimiento científicamente argumentado, el cual permitirá incrementar la efectividad en las decisiones logística referidas a estrategias de localización de almacenes intermedios para la exitosa recuperación de envases vacíos de vidrio de Cervecería Bucanero S. A.*

Esta hipótesis quedará validada si el procedimiento permite obtener las mejores alternativas de localización de almacenes intermedios, a partir de la aplicación del procedimiento mejorado. Además, si la aplicación de la prueba de hipótesis no paramétrica de Wilcoxon, evidencia una diferencia estadísticamente significativa y favorable entre el proceder propuesto y el existente, a partir de las evaluaciones subjetivas dada por expertos sobre la efectividad de las decisiones logísticas que se contemplan.

#### Justificación

- ✚ Relevancia o importancia social: La empresa Almacenes Universales S.A. Sucursal Villa Clara podrá contar con uno de los servicios que en estos momentos no está prestando y el cual forma parte de su objeto social.
- ✚ Valor teórico: A través del desarrollo de la investigación se hace necesario la ampliación de los conocimientos adquiridos, para ello se debe realizar una búsqueda de información detallada por lo que se revisará toda la bibliografía y las fuentes disponibles. En el trabajo se enfatizará el mejoramiento y aplicación de las estrategias de localización.
- ✚ Valor metodológico: En el transcurso del trabajo se obtendrán conocimientos que podrán ser empleados en distintas disciplinas de la carrera. También se proveerá de un procedimiento de gran utilidad práctica el cual podrá ser utilizado por otras empresas y por otros investigadores que deseen estudiarlo para su uso o perfección.

#### Viabilidad

- ✚ Se encuentra disponible toda la información requerida para llevar cabo la investigación, además de poder contar con un tutor conocedor del tema.
- ✚ La empresa ha mostrado su apoyo facilitando datos e informaciones referidos a su situación actual, también ha puesto a disposición todo el personal especializado y con experiencia que puedan brindar sus conocimientos acerca del tema a investigar.
- ✚ El desarrollo de la investigación cuenta con todos los materiales y recursos para su ejecución.
- ✚ Esta investigación no tendrá ninguna implicación negativa al equilibrio ecológico del medio ambiente.
- ✚ No existirá ningún costo social que conlleve una implicación negativa para la sociedad lo que se obtendrá será beneficios.

Para lograr estos objetivos planteados, la presente investigación se constituyó de la forma siguiente:

- Capítulo I** Marco teórico de la investigación, en que se realiza una minuciosa revisión bibliográfica acerca de la logística y la cadena de suministro, las diferentes actividades, beneficios, procesos y necesidad de la logística inversa, así como los principales procedimientos que sustentan las decisiones de localización de instalaciones.
- Capítulo II** Se elaboró un procedimiento mejorado basado en el procedimiento propuesto por Costa Salas (2008) para la toma de decisiones referida a la localización de almacenes intermedios para el reciclaje de los envases de vidrio para Cervecería Bucanero S. A.
- Capítulo III** Aplicación del procedimiento mejorado para la toma de decisiones referida a la localización de almacenes intermedios para el reciclaje de los envases de vidrio para Cervecería Bucanero S. A.

Por último se realizan las conclusiones y las recomendaciones de la investigación teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

En la investigación se utilizaron una serie de técnicas estadísticas matemáticas y de investigación de operaciones y estrategia de localización de instalaciones permitieron la obtención del procedimiento que se sustentan en los objetivos y necesidades de estas compañías.



# *Capítulo I*

## *Capítulo I*

---

---

---

**CAPITULO I MARCO TEORICO Y REFERENCIAL**

### 1.1. Estrategia para la construcción del Marco Teórico y Referencial de la investigación

Este capítulo tiene como objetivo crear una base que sustente el problema científico a solucionar en la investigación, precisado en la introducción de esta Tesis. La estrategia seguida por el autor para la construcción del Marco Teórico y Referencial (ver Figura 1.1) se estructuró de forma tal que permitiera el análisis del estado del arte y de la práctica en la temática objeto de estudio, permitiendo sentar las bases teórico-prácticas del proceso de investigación. Se realizó un análisis crítico de la bibliografía y otras fuentes con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales y de la práctica involucrados en la investigación.

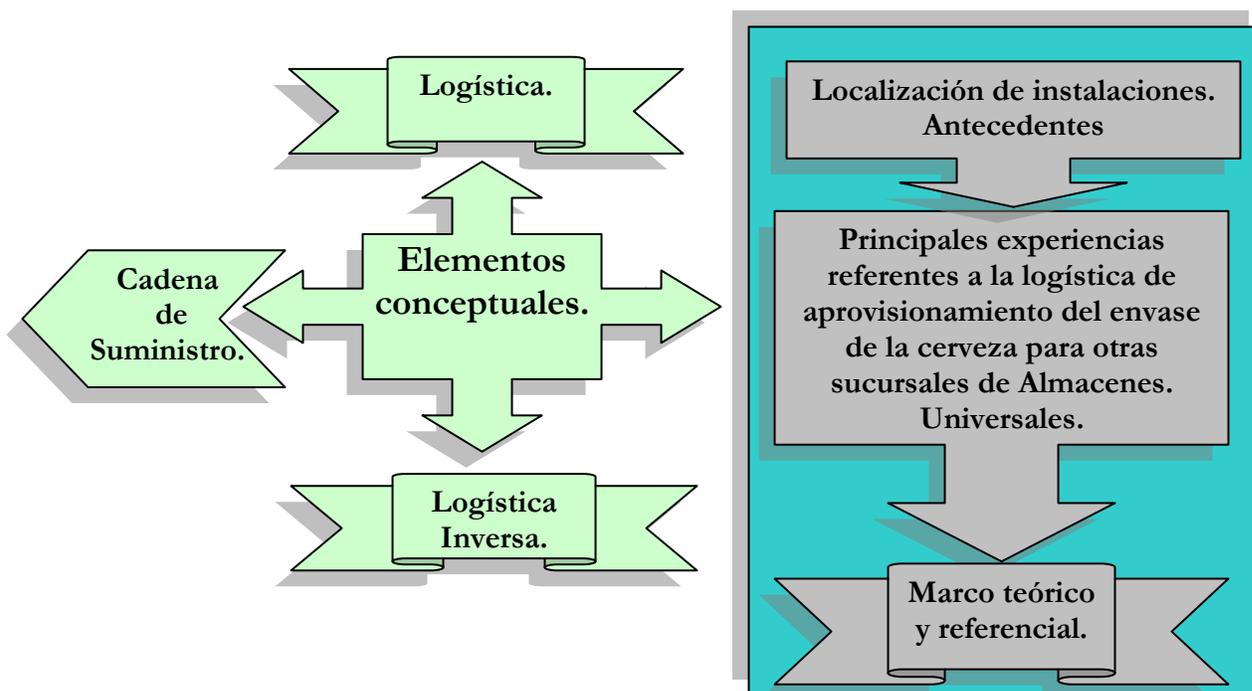


Figura 1.1: Hilo conductor del Marco Teórico y Referencial de la investigación.

Fuente: *Elaboración propia.*

## **1.2. Logística, Cadena de Suministro. Definiciones, características e impacto en el logro de la competitividad**

La logística, para definirla se parte de una evolución de ideas: cuando se almacena, se transporta y se distribuye una mercancía, se forma una logística la que está constituida por una sucesión de actividades logísticas que entregan productos, materias primas y auxiliares, componentes y productos terminados, si a la combinación entre estas funciones se añade un modelo de previsión de cómo realizarlas, se produce la logística, Torres [2005].

En [1968] Magee definió la logística como “el movimiento de los materiales desde una fuente u origen hasta un destino o usuario”.

Lalonde [1971] describe la logística como “la unión de la Gestión de los Materiales con la Distribución Física”. Para esos tiempos se desarrolla el término “*Business Logistics*” o sea Logística de Negocios con el fin de diferenciarla de la logística militar.

Sin embargo Bowersox [1979] asocia este concepto a la aplicación del enfoque en sistema en la solución de los problemas de suministro y distribución de las empresas.

Una definición de logística brindada por el Centro Español de Logística [CEL 1993]: al considerarlo como la gestión de los materiales, encargada de los flujos materiales en el aprovisionamiento de las materias primas y componentes y en las operaciones de fabricación, hasta el envase del producto terminado; y la gestión de distribución, que considera el embalaje, control de los inventarios de los productos terminados, pasando por los procesos de manipulación, almacenamiento y transporte hasta la entrega del producto o servicio al cliente.

De la misma forma las actividades logísticas como distribución, transporte y almacenaje han existido siempre y la novedad en este campo se centra en el tratamiento coordinado de estas actividades, ya que en la práctica están estrechamente relacionadas [Ballou ,1991].

La logística abarca muchas definiciones y una de ellas es que centra su atención en la gestión de flujos físicos y de información que comienza en la fuente de aprovisionamiento y acaba en el punto de consumo [Centro Español de Logística, 2003].

Un concepto de logística mucho más elaborado lo constituye el de *Council of Supply Management Professionals* CSCMP (2005), el cual plantea que, “La logística es aquella parte de la Gestión de la Cadena de Suministro que planifica, implementa y controla el flujo hacia adelante e inverso eficiente y efectivo y el almacenaje de productos, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo para satisfacer los requisitos de los clientes.

Según Uhia [2005] es la parte de la administración de la cadena de suministro que planea, implementa y controla efectiva y eficientemente, el flujo directo e inverso, el almacenamiento de

bienes y la información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo, para conocer los requerimientos del consumidor.

Profesionales cubanos argumentan diferentes puntos de vista a cerca de la definición de logística, entre se encuentran:

[Conejero *et al.*, 1998] quienes definen la logística como el sistema que garantiza el movimiento óptimo de las cargas y la información desde la fuente hasta un cliente.

[Cespón *et al.*, 2002] argumentan que la logística como el proceso de gestionar los flujos material e informativo de materias primas, inventario en proceso, productos acabados, servicios y residuales desde el suministrador hasta el cliente, transitando por las etapas de gestión de los aprovisionamientos, producción, distribución física y de los residuales.

Se dice también que es un conjunto de técnicas que de por sí tienen cuerpo propio, no formando parte de ninguna en específico y sirviéndose de elementos de diferentes áreas como: la matemática, la informática económica, la administración de empresas y otras [Torres Gemeil, 2003].

Según Torres Gemeil y Conejero González [2001], otras de las acciones que han contribuido al desarrollo de la logística y en especial en lo referente a la manipulación, almacenamiento y transporte interno es la categorización de los almacenes por “Niveles Tecnológicos” para establecer patrones de comparación entre almacenes, entre empresas, entre provincias de un Organismo o Ministerio y luego entre estos últimos (una modalidad cubana del *Benchmarking*).

En la literatura consultada, los autores establecen conceptos bastante coincidentes sobre la logística, y la definen como un sistema que garantiza el flujo eficiente de materiales o personas de su información asociada desde un origen o fuente hasta un cliente o destino, incluyendo un flujo financiero.

*A pesar de las diferencias existentes entre uno u otro criterio en todas las definiciones se advierte un denominador común, el enfoque sistémico logrado desde el punto que se comienza en el suministrador y se termina por el cliente final.*

En la esfera económica, la definición de la logística se da como el de un sistema o engranaje que garantiza el movimiento eficiente del producto desde su fuente de origen hasta la entrega final al cliente. Su objetivo fundamental es “entregar los surtidos requeridos, con la calidad deseada, en las cantidades necesarias, en el momento preciso, en el lugar adecuado y con el menor costo posible.”

La Cadena de Suministro es una serie de firmas que pasan materiales hacia delante, normalmente varias firmas independientes están involucradas en la producción de un producto y su ubicación en las manos del cliente al final de la Cadena de Suministro – materia prima, componentes, ensambladores, vendedores al por mayor, al por menor y compañías de transporte, son todos miembros de esta cadena [Tompkins, 2000]. De la misma forma Stock *et al.* [1990] definen a la cadena de suministro como una alineación de formas que traen producción y servicios al mercado. Nótese que estos conceptos incluyen al consumidor como parte de la cadena.

Otra definición plantea que la Cadena de Suministro es la red de organizaciones que están involucradas a través de lazos hacia arriba y hacia abajo, en los diferentes procesos y actividades que producen valor en forma de productos y servicios que se entregan al consumidor [Christopher, 1972].

La Gestión de la Cadena de Suministro es la planificación, organización y control de las actividades de la cadena de suministro. En estas actividades está implicada la gestión de flujos monetarios, de productos o servicios de información, a través de toda la cadena de suministro, con el fin de maximizar, el valor del producto/servicio entregado al consumidor final a la vez que disminuimos los costes de la organización [Pilot, 2004].

La representación gráfica de esta definición se ilustra con el siguiente esquema:

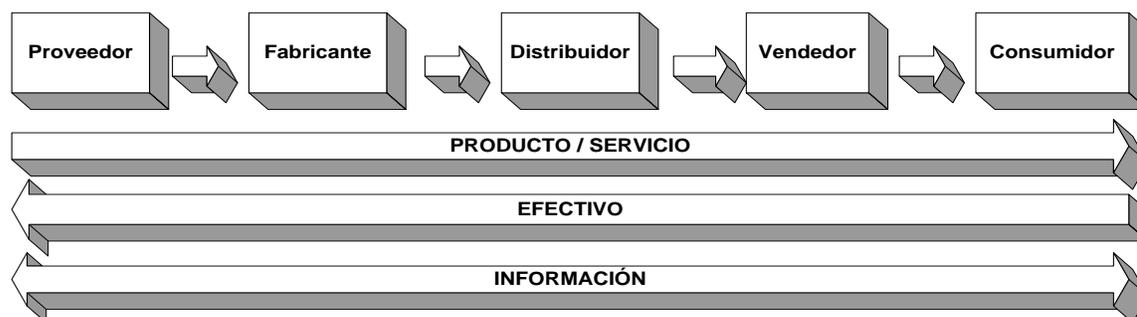


Figura 1.2: Gestión de la Cadena de Suministros.

Fuente: Pilot, 2004

*Dada esta definición se dice que, una Cadena de Suministro es definida como una serie de tres o más entidades (organizadas o individuales) directamente involucradas en los flujos hacia arriba y hacia abajo de productos, servicios, finanzas e información desde una fuente a un cliente. Además se trata de un sistema que se alimenta en el mercado y que llega al mismo partiendo de la demanda real del producto.*

Por otra parte al analizar el concepto de Cadena de Suministro del Council of Supply Chain Management Professionals CSCMP (2005), “La gestión de la Cadena de Suministro abarca la

planeación y gestión de todas las actividades involucradas en el abastecimiento y adquisición, conversión y todas las actividades de gestión de la Logística. También incluye de manera importante la coordinación y colaboración con socios del mismo canal, quienes pueden ser suministradores, intermediarios, proveedores de servicios tercerizados, y clientes. En esencia, la Gestión de la Cadena de Suministro integra la gestión del suministro y la demanda dentro y a través de las compañías”.

De igual modo se plantea la Gestión de la Cadena de Suministro engloba aquellas actividades asociadas con el movimiento de bienes desde el suministro de materias primas hasta el consumidor final. Esto incluye la selección, compra, programación de producción, procesamiento de órdenes, control de inventarios, transportación, almacenamiento y servicio al cliente. Pero, lo más importante es que también incluye los sistemas de información requeridos para monitorear todas estas actividades. Una exitosa cadena de suministros entrega al cliente final el producto apropiado, en el lugar correcto y en el tiempo exacto, al precio requerido y con el menor costo posible.

Con la adopción del enfoque en sistema para el estudio de los flujos físicos y de la gestión y el control de éstos, se ha logrado integrar a la Economía de Almacenes los procesos MAT, los flujos de información asociados y los sistemas de control de inventario, encaminándose así el desarrollo gradual de la logística en Cuba.

De todo lo planteado anteriormente se hace necesario sintetizar algunos elementos que puedan garantizar el futuro en cuanto los Sistemas Logísticos [ver Santos Norton 2000], entre los que se encuentran:

- ✚ El papel desempeñado por la Economía de Almacenes en el desarrollo del país, tanto en el sector comercial, como en el industrial, ha permitido el surgimiento y desarrollo del Sistema Logístico.
- ✚ La necesidad de contar con la infraestructura que permita a los Sistemas Logísticos cumplir los objetivos para los cuales son creados.
- ✚ En la eficiencia de cada organización y, por lo tanto, la del el país, incluye cada día con mayor peso, el diseño y explotación del Sistema Logístico, los que deben ganar en eficiencia y efectividad.
- ✚ La demanda de estudios y diseños logísticos se debe incrementar en el país, locuaz requiere de especialistas y profesionales capaces de llevarlo a cabo.

- ✚ El nivel de las exigencias actuales demanda de una estrategia dirigida a un mayor desarrollo de la logística en el país.

En el contexto cubano numerosos autores plantean que las Cadenas de Suministro existen físicamente en nuestro país, pero que sin embargo las empresas o entidades que la conforman no se gestionan como tal. Es decir que se gestione los elementos de la cadena como una sola organización y no individualmente, como lo realizan en su mayoría.

La logística se puede analizar partiendo de la misión de cada entidad y se tendrá por ejemplo la existencia de una logística industrial, una logística de los servicios o una logística del comercio o comercial, como se muestra en la (ver Figura 1.3) [ver Aguilar et al. 2001] y Dudana [2004].

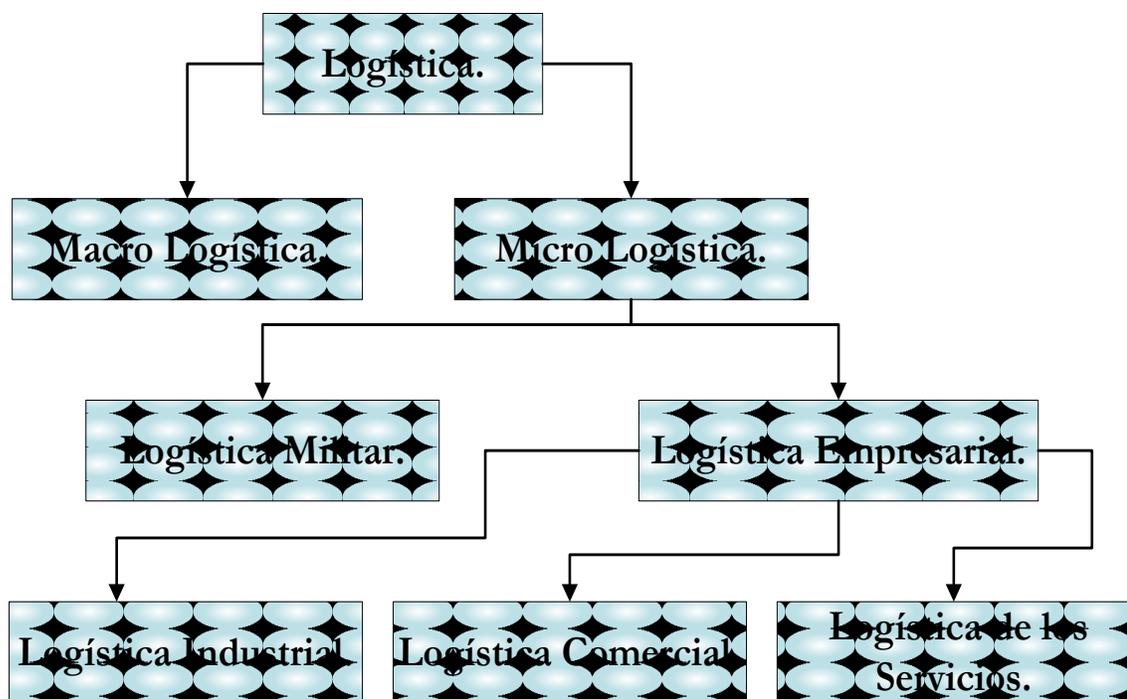


Figura 1.3: Alcance de la Logística

Fuente: [Aguilar, 2001].

### 1.3. Logística inversa

Las definiciones de logística han evolucionado destacando su carácter integrador y sistémico a lo largo de más de 50 años lo cual no ha pasado con el término de logística inversa puesto que se ha estado profundizando en ello hace poco más de 10 años. Existen varias o diferentes definiciones de logística inversa, que tiene varios nombres como retrologística, Logística Inversa, gestión de devoluciones, recuperación y el reciclaje, o logística verde dependiendo del sector industrial.

Durante los años noventa el CLM empieza a publicar estudios donde la logística inversa fue reconocida como un aspecto relevante para los negocios así como para la sociedad. En 1992 el CLM publica la primera definición conocida de logística inversa [Stock, 1992]: "...El termino comúnmente usado para referirse al rol de la logística en el reciclaje, disposición de desperdicio y el manejo de materiales peligrosos; una perspectiva más amplia incluye todo lo relacionado con las actividades logísticas llevadas a cabo en la reducción de entrada, reciclaje, substitución y rehúso de materiales y su disposición final."

Sin embargo Rogers & Tibben Lembke [1998] describen a la logística inversa incluyendo el objetivo y los procesos (logísticos) involucrados: "El proceso de planear, implementar y controlar eficientemente y el costo eficaz de los flujos de materias primas, inventario en proceso, bienes terminados e información relacionada desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de recuperar el valor primario o disponer adecuadamente de ellos".

Según Pérez Pérez et al. [2003] la logística inversa es el conjunto de procesos, gestión y control eficientes y efectivos de la recogida de productos, materiales o desechos desde un punto de venta (comercio) o de consumo (industria, servicio o población) hasta un productor, centro logístico, reciclador o comercio, con el fin de recuperar valor o asegurar su correcta eliminación.

Como se puede observar algunos autores reconocidos concuerdan al conceptuar la Logística Inversa, como el proceso que se encarga del retorno de sus bienes de su destino final (cliente) con el fin de recuperar, reciclar y asegurar su correcta recuperación ecológica.

Idealmente una cadena de este tipo también es llamada una cadena de suministro circular (ya que el flujo inverso cierra el ciclo) mejora el aprovisionamiento de los productos, servicios e información mejor de lo que lo haría una cadena de suministro tradicional ya que reduce costos a la vez que reduce el impacto ambiental; para poder tener una visión global de estos beneficios en la que se puede observar la (Tabla 1.1), con base en una síntesis de Krikke et al [2003] muestran los beneficios que tenemos en los servicios y en el mercado, los costos relacionados con la operación y la seguridad ambiental.

Tabla 1.1: Sumario de los beneficios de la logística inversa.

Servicio/ Mercado.	Costo.	Seguridad ambiental.
<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ El servicio de retorno mejora la satisfacción del cliente.</li> <li>✚ Reducción del tiempo de investigación y desarrollo (tiempo de introducción al mercado).</li> <li>✚ Incrementa la disponibilidad de partes de repuesto.</li> <li>✚ Retroalimentación oportuna a través de recuperación temprana.</li> <li>✚ Mejora en la calidad del producto a través de la reingeniería.</li> <li>✚ Reparaciones preactivas.</li> <li>✚ Imagen "Verde".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Reducción del riesgo de responsabilidades legales.</li> <li>✚ Recuperación del valor de los materiales y los componentes.</li> <li>✚ Recupera el valor de la mano de obra.</li> <li>✚ Evita los costos de disposición.</li> <li>✚ Reduce el riesgo por obsolescencia a través de retornos oportunos.</li> <li>✚ Menor producción nueva de partes de repuesto.</li> <li>✚ Reducción de retornos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Reduce el paso ambiental.</li> <li>✚ Cumplimiento de la legislación vigente.</li> <li>✚ Recuperación más confiables de productos defectuosos.</li> </ul>

Fuente: [Krikke et al, 2003].

De acuerdo a la literatura especializada se puede observar que existen ciertas fuerzas que incentivan el uso de la Logística

Inversa, entre estas destacan en tres categorías:

- ✚ Razones Económicas (directa e indirecta).
- ✚ Razones Legislativas.
- ✚ Razones de Responsabilidad extendida.

Se puede apreciar que la fuerza económica esta relacionada a todas las acciones de recuperación donde la compañía tiene una ingerencia directa o indirecta de beneficios económicos (esto se refleja en el abatimiento de costos, disminución del uso de materiales, o la obtención de partes de repuesto valiosas), aun cuando los beneficios no son inmediatos, el

involucramiento con la logística inversa puede ser un paso estratégico si se espera una legislación ambiental, así mismo debido a estas mismas legislaciones, y al uso de una tecnología diferente puede disuadir a otras compañías de entrar a competir al mercado. Por último se puede apreciar que una compañía que tiene una buena imagen (ambiental) es preferida en muchos mercados, como es el caso de los mercados europeos; asimismo, esta imagen estrecha vínculos con el cliente, debido a que existe un incremento creciente de la conciencia ambiental de la sociedad.

### **1.3.1. Actividades de la logística inversa**

Según las definiciones manifestadas, la logística inversa es un importante departamento de actividad dentro de la logística, donde esta comprende múltiples actividades. Algunas de estas actividades tienen vínculos estrictamente ecológicos como el recobro y el reciclamiento de productos, impidiendo así el quebranto del medio ambiente. Otras buscan, de alguna manera, progresos y superiores beneficios en los procesos productivos y de los surtidos en los mercados.

La logística inversa gestiona el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible.

También, la logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de los envases, embalajes y residuos peligrosos, así como los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de los clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con el objetivo de darle salida a los ociosos o de lento movimiento, en mercados con mayor rotación. [Ver Angulo, S/A].

En el caso de Angulo [2003] alega que las actividades incluidas en la Logística Inversa son las siguientes:

- ✚ Retirada de mercancía.
- ✚ Clasificación de mercadería.
- ✚ Reacondicionamiento de productos.
- ✚ Devolución a orígenes.
- ✚ Destrucción.
- ✚ Procesos administrativos.
- ✚ Recuperación, reciclaje de envases y embalajes y residuos peligrosos.

Según Rogers [1998 ] y Tibben-Lembke, [1998.] reflejaron que las actividades de la Logística Inversa como se indica en la siguiente (Tabla 1.2):

Tabla 1.2: Actividades de la Logística Inversa.

Material	Actividades de la logística inversa
Productos	Devolución al proveedor. Reventa. Salvamento. Reacondicionamiento. Restauración. Reprocesamiento. Salvamento de los materiales. Reciclaje. Vertedero.
Envase y embalaje.	Reutilización. Restauración. Salvamento de los materiales. Reciclaje. Salvamento.

*Fuente: [Rogers & Tibben- Lembke, 1998].*

Los diferentes autores concuerdan de alguna forma en las actividades de la logística inversa, para la realización de este trabajo se tomaron las citadas en el gráfico y que se explican brevemente a continuación (ver Figura 1.4).

a. Reutilización

Consiste en recuperar el producto en sí para darle un nuevo uso. Por ejemplo, la reutilización de envases de vidrios de cervezas ya consumidas e incorporarlos nuevamente a la producción. En general, la reutilización es la forma que menor impacto produce en el entorno (excepto cuando se utilizan tecnologías consumidoras de mucha energía o que sean muy contaminantes). Por otro lado, la reutilización está limitada a determinados tipos de productos. Es difícil su aplicación de forma generalizada, en gran parte a causa de la rápida obsolescencia de los productos en una época de fuerte cambio tecnológico.

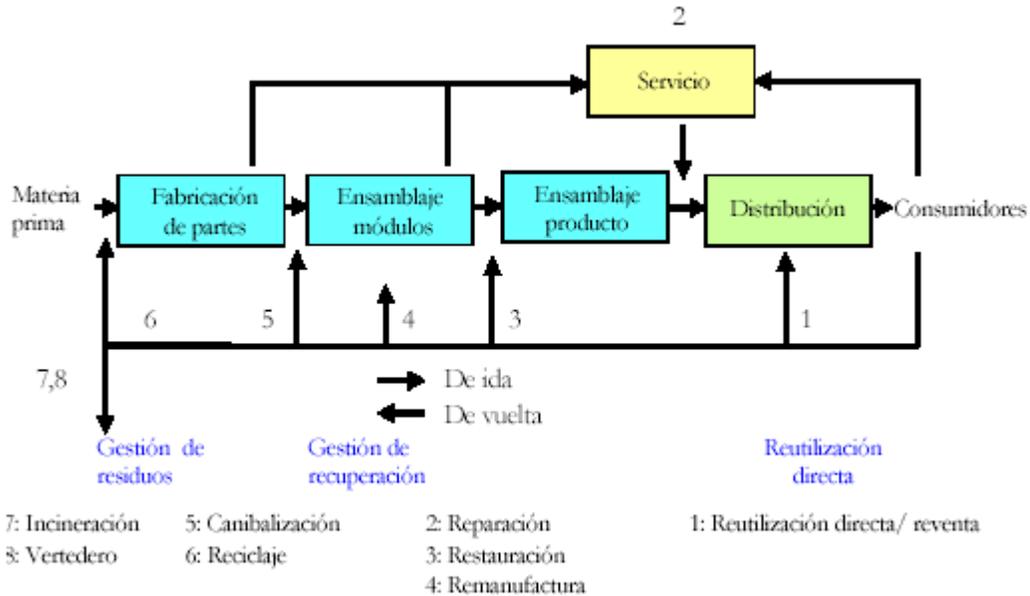


Figura 1.4: Actividades de la logística inversa.

Fuente: (Rogers et al., 1998)

b. Reparación, restauración, remanufactura y canibalización.

Las tres primeras opciones implican un reacondicionamiento y mejora de la calidad del producto. Estas opciones se diferencian por la complejidad del tratamiento, de manera que la reparación supone un menor esfuerzo que la restauración, y ésta, a la vez, menor que la remanufactura. La canibalización se basa en la recuperación de determinados componentes o partes para ser incorporados a otros productos.

c. Reciclaje

Comúnmente se entiende por reciclaje el reaprovechamiento de materiales, es decir, la recuperación de materiales para ser de nuevo utilizados como materia prima en un nuevo proceso de fabricación. El reciclaje de materiales, en general, produce una cierta pérdida a causa de la mezcla de materiales o a la degradación de las propiedades de éstos. Esto dificulta la creación de un mercado del reciclaje, sobre todo porque todavía existe la idea de que los materiales reciclados son de menor calidad que los no reciclados. Sin embargo, hay un cierto consenso en que el reciclaje es una de las opciones más prometedoras en un futuro de cara a resolver el problema de los productos al final de su vida útil.

d. Recuperación de energía

Esta alternativa consiste en extraer, por combustión, el contenido energético de determinadas partes de los productos. Esta opción no es muy recomendable ya que, en realidad, no se está

aprovechando óptimamente la fuente de materias primas que suponen los residuos. Además, la combustión de éstos provoca una nueva fuente de emisiones contaminantes que ha de ser estrictamente controlada.

#### e. Vertido

Aunque realmente no sería una alternativa válida de recuperación, éste sería el último recurso en la eliminación de los productos al final de su vida útil. Y no sólo porque se ha de intentar no desestimar materiales que pueden ser susceptibles de reutilización o reciclaje, sino también por los crecientes requerimientos, dificultades y costes que suponen los vertederos.

En resumen, si el producto que se ha devuelto a una empresa no se ha utilizado, se puede revender a otro consumidor o introducir en nuevos mercados. Si el producto no se puede vender tal y como está, o si la empresa puede aumentar su precio de venta mediante actividades de reparación, restauración, remanufactura o canibalización, la compañía realizará dichas actividades antes de volver a ponerlo a la venta (normalmente a un coste inferior). En general, a medida que aumenta la complejidad del tratamiento del producto, también aumentan los costos. Así, es en la gestión de la recuperación donde se han de realizar los mayores esfuerzos, ya que es posible que los ingresos que se puedan obtener por la venta de materiales no superen los costes asociados al tratamiento requerido. En cualquier caso, aunque resulte económicamente gravoso realizar dicho tratamiento, éste se ha convertido en una necesidad social y legislativa.

Como se ha indicado, cuando el producto (o sus partes y componentes) no puede ser reacondicionado de ningún modo por su baja calidad, implicaciones legales, restricciones medioambientales o inviabilidad técnico-económica, las opciones serían el reciclaje de los materiales y, finalmente, la disposición en vertedero controlado.

### **1.3.2. Procesos de la logística inversa**

Los procesos en logística inversa se enfocan a cinco objetivos claves: procuración de compras, reducción de insumos vírgenes; reciclado; sustitución de materiales, y gestión de residuos. En cada uno de los procesos de la logística empresarial se pueden identificar los cinco enfoques señalados:

1. Procuración y [compras](#): Implica la procuración, [desarrollo](#) de proveedores y la adquisición de materias primas, componentes, materiales para envase, [empaque](#), embalaje y unidades de manejo que sean "amigables con el ambiente".
2. Reducción de insumos vírgenes: Implica:

- a. Actividades de [ingeniería](#) de producto.
  - b. Re-[entrenamiento](#) de los [recursos humanos](#), con el propósito de valorar actividades de reutilización de materiales sobrantes, preferir materiales de origen reciclado, escoger contenedores, embalajes, unidades de manejo, empaques y envases reutilizables y reciclables, impulsar la [cultura](#) del "retorno".
3. Reciclado: Es necesario desarrollar [políticas](#) de reciclado respetando el [desempeño](#) o estándares del producto: utilizar materiales de origen reciclado, y reciclables; explorar innovaciones tecnológicas que permiten utilizar materiales reciclados; financiar estudios para reducir el uso de materias primas vírgenes.
  4. Sustitución de materiales: El incremento de la tasa de [innovación](#) en procesos de reciclado debe impulsar la sustitución de materiales, en particular de los más pesados por otros más ligeros con igual o superior [desempeño](#) (como es el caso en la [industria](#) automotriz donde los [plásticos](#) están sustituyendo masivamente partes de metal y [vidrio](#) en los automóviles, así como el [aluminio](#) o los materiales "compuestos" en los nuevos chasis de los camiones disminuyen la tara facilitando un aumento de la unidad de carga para igual peso por eje).
  5. Gestión de residuos: Las [políticas](#) de procuración de materiales deben evaluar la tasa de residuos en la utilización de materiales; el manejo de residuos es un costo no despreciable; también puede ser necesario tener políticas de aceptación de muestras, si las exigencias de gestión de los residuos de éstas, o simplemente su disposición por rechazo, es costosa.

La logística inversa es sin duda una filosofía que cualquier empresa debe agregar a su entorno, debido a todos los factores mencionados y ante la [globalización](#) que se esta dando, es importante tener una planeación estratégica de logística inversa.

### **1.3.3. La logística inversa dentro de una organización**

Según Stock [2001b] muchas listas de atributos logísticos importantes califican a la logística inversa como una parte poco importante de las características dentro de una organización, sin embargo estas mismas listas parece omitir el hecho que atributos como la calidad del producto, los precios competitivos, la consistencia del tiempo de entrega del pedido, la entrega y la recogida a tiempo y las bajas tasa de daño a la entrega son meramente el precio de entrada en algunos mercados.

De igual modo García Olivares [2006] plantea que la logística inversa en una organización es un fenómeno complejo que debe obligatoriamente formar parte de estrategia de misma. Por otra

parte Ballou [2004] plantea que en una organización resultan de igual importancia la logística tanto la logística directa como la inversa. Para este autor en determinados casos dentro de una organización cobra relevante importancia la valoración de la logística inversa, debido al adecuado manejo de los retornos de la producción, pudieran constituir un elemento para el incremento potencial de eficiencia productiva y económica.

Así mismo Stock [2001a], nos da algunas observaciones que se deben tener en cuenta al diseñar un programa un programa de logística inversa, tales como:

- ✚ Los programas de logística inversa deben ser desarrollados primeramente para manejar remotos incontrolables.
- ✚ Los centros de distribución no han sido diseñados para manejar retornos.
- ✚ Los inventarios de seguridad son más grandes en las compañías con ineficiencias en sus procesos.
- ✚ Los productos con un ciclo de vida corto requieren de una mayor inversión para manejar retornos.
- ✚ Los programas comúnmente tratan de usar un solo proceso para los flujos en diferentes canales (hacia atrás y hacia adelante).
- ✚ Una mejor optimización hacia delante (canal directo) reduce el número de retorno.

El mismo autor en su artículo referido a los problemas asociados a la logística inversa (a los que se refiere como pecados capitales) también señala que los errores más comunes al diseñar un programa de este tipo son:

- ✚ No reconocer a la logística inversa, como un factor que puede generar una ventaja competitiva.
- ✚ Creer que una vez que los productos son entregados, la responsabilidad de la empresa termina (para solucionarlo hay que tener en cuenta un enfoque del ciclo de vida ligado a la distribución final).
- ✚ Fallar al empalmar el sistema interno, externo y procesos asociados en el E-Commerce y el aspecto del retorno de productos en la cadena de suministros (asociado al mapeo de procesos, para comprender su alcance y complejidad).
- ✚ Asumir que los esfuerzos a medio tiempo son suficientes para lidiar con las actividades de la logística inversa (no se reconoce a la logística inversa como una acción compleja, que debe contar con sus propios recursos).

- ✚ Creer que los ciclos de tiempo de pedido por los productos retornados pueden ser mayores y más variables que los asociados con la venta o distribución de productos nuevos.
- ✚ Asumir que los retornos de productos y reciclaje de empaque y rehúso tomarán cuidado de ellos mismos, si se les da suficiente tiempo (asociado a la separación de productos, por ejemplo en muchos centros de distribución estos envíos llegan mezclados [cantidad, calidad y lugar de envío] en un solo pallet).
- ✚ Pensar que los retornos son relativamente no importantes en términos de costos, valuación de activos e ingresos potenciales (los retornos tienden a permanecer más tiempo, que los productos nuevos en los canales directos, resultando en costos altos de inventario, transportación y almacenaje, y al mismo tiempo los ingresos decrecen por costos asociados a la obsolescencia y la degradación).

#### **1.3.4. Necesidad de la logística inversa**

Al desarrollarse una estrategia es muy importante tener bien definidas las razones que llevan a necesitarla. En la bibliografía se citan posibles razones de por qué las empresas en el mundo realizan estrategias de logística inversa. Según Rogers & Tibben-Lembke, [1998] en Estados Unidos estas razones son las siguientes:

##### ✚ Razones competitivas

La mayoría de los minoristas y fabricantes han liberado sus políticas de retorno durante los últimos años debido a presiones competitivas. Las empresas creen que un cliente satisfecho es su recurso más importante y parte de satisfacer a sus clientes involucra la devolución de productos no deseados o productos que los clientes creen no satisfacen sus necesidades.

##### ✚ Eliminar el inventario de los clientes.

Las estrategias de la logística inversa también se utilizan para eliminar el inventario del cliente, para que puedan comprar más productos nuevos. Generalmente los minoristas tienen menos capacidades en el manejo de inventario y, por tanto, gestionarlo desde la empresa aumenta la satisfacción de los mismos.

##### ✚ Proteger el margen de ganancia

Esta variable estratégica es muy parecida a la anterior es decir también es eliminar el inventario de los clientes con el objetivo de tener siempre en venta productos frescos con los que demandarían mejores precios.

##### ✚ Problemas legales y medioambientales de vertedero.

Esta es una variable a tener en cuenta pues los nuevos requerimientos legales sobre vertederos e impacto ambiental restringen el vertido de residuos peligrosos sin un correcto tratamiento lo cual pueden suponer demandas legales millonarias a las empresas.

- ✚ Recuperar el valor del producto y/o los recursos.

Algunas empresas han empezado los programas de recuperación de recursos y encontraron que una porción sorprendentemente grande de sus ganancias se deriva de estos.

Por otra parte Angulo [2003] detalla y conglopera estas en razones medio ambientales, un mejor servicio al cliente y razones económicas.

Los motivos ineludibles, según este autor, que sustentan la necesidad de programas de logística inversa se evidencia fundamentalmente, en la reutilización de retornos de la producción que permitan de forma efectiva y eficiente el logro de los planes trazados. Esto se traduce hasta el punto de la sustitución de exportaciones, reducción de los costos por concepto de materias primas, ahorro de recursos financieros. Cuba como cualquier país del tercer mundo debe abogar sin lugar a dudas por el intento encarecido de incluir en las estrategias de sus empresas, programas encaminados a la gestión de los retornos de sus producciones.

#### **1.4. La logística inversa en Cuba**

En Cuba, los canales reversos han sido empleados desde los primeros años de la Revolución, fundamentalmente concerniente a la recuperación de materias primas y el rehúso de algunos bienes (envases, piezas de repuesto, entre otros ejemplos), actividad que ha adquirido un notable desarrollo, con un peso significativo en la economía cubana.

Según el Grupo Logístico de Cuba (GLC), pueden señalarse algunas de las principales causas de este desarrollo:

- ✚ La reorientación general de los mercados y de tecnologías en la década de los sesenta, condujeron a una masiva reconversión de la base productiva y de los servicios y al alejamiento de las fuentes de aprovisionamiento, contribuyendo al surgimiento y sucesivo crecimiento del volumen de los inventarios ociosos y de lento movimiento.
- ✚ Incertidumbre que añadió la continuada política de bloqueo económico aplicada por las administraciones de EE.UU. contra Cuba.
- ✚ Fragmentación de las cadenas de suministro, disociando la demanda real generada por el consumidor final, de los lejanos mercados de aprovisionamiento.

Entre las respuestas dadas a esta problemática se encuentran las siguientes:

- ✚ A principios de la década del setenta, se crea por el comandante Ernesto Guevara la Empresa de recuperación de Materias Primas.
- ✚ A finales de la década del noventa, surge la Comercializadora de Productos Ociosos y Lento Movimiento (COPLER) del Ministerio de Comercio Interior (MINCIN) y SUME del Ministerio de la Industria Sideromecánica (SIME), así como otras identidades especializadas que trabajan en esta dirección.
- ✚ Desde hace más de 20 años existen diferentes iniciativas por parte de Organismos de la Administración Central del Estado (OACE) y de los Órganos Locales del poder Popular (OLPP), para la disminución de los productos ociosos y de lento movimiento.

Otro de los elementos, abordado por autores cubanos sobre la logística inversa en Cuba, lo constituye los inventarios, eslabón importante en los flujos de mercancías, cuyo costo debe reducirse antes las exigencias de demandas restringidas de un mercado segmentado y globalizado, con las restricciones que imponen la escasez de materias primas vírgenes y las regulaciones ambientales cada vez más rigurosas. La racionalización de las compras, aplicando una buena gestión de inventarios, constituye la profilaxis idónea para evitar la aparición de inventarios ociosos y de lento movimiento, que serían gestionados a través de canales reversos en la cadena de suministro, sólo como última alternativa y a expensas de disminuir la eficiencia. Desde ese punto de vista, la gestión de inventarios, constituye un elemento esencial en la visión integral de la gestión de la cadena y, por supuesto, de la logística inversa. [Ver Tesis Doctoral Knudsen González, 2005].

### **1. 5. Localización de instalaciones. Antecedentes**

Unas de las decisiones clave en el proceso de diseño de un sistema logístico es la localización de instalaciones, la concepción de instalaciones en un sistema logístico comprende no sólo instalaciones de sistemas productivos, sino que también almacenes en cualquier parte física de dicho sistema logístico. Normalmente, localizar es una decisión secuencial y jerarquizada, en el sentido de que se va concretando sucesivamente a una escala cada vez menor [Corominas et al., 1991]. Además, un sistema logístico puede contar, desde el punto de vista de la localización, de una o de diversas instalaciones, lo que se supone que, en general, las decisiones de localización son inminentemente complejas, por cuanto no basta con elegir un solo emplazamiento sino varios. A cierta escala, la decisión de localización es una decisión estratégica para la empresa [Corominas et al., 1991].

Según [Ballou, 2004] la ubicación de instalaciones (ver Figura 1.5) fijas a lo largo de la red de la cadena de suministros es un importante problema de decisión que da forma, estructura y configuración al sistema complejo de la cadena de suministro.

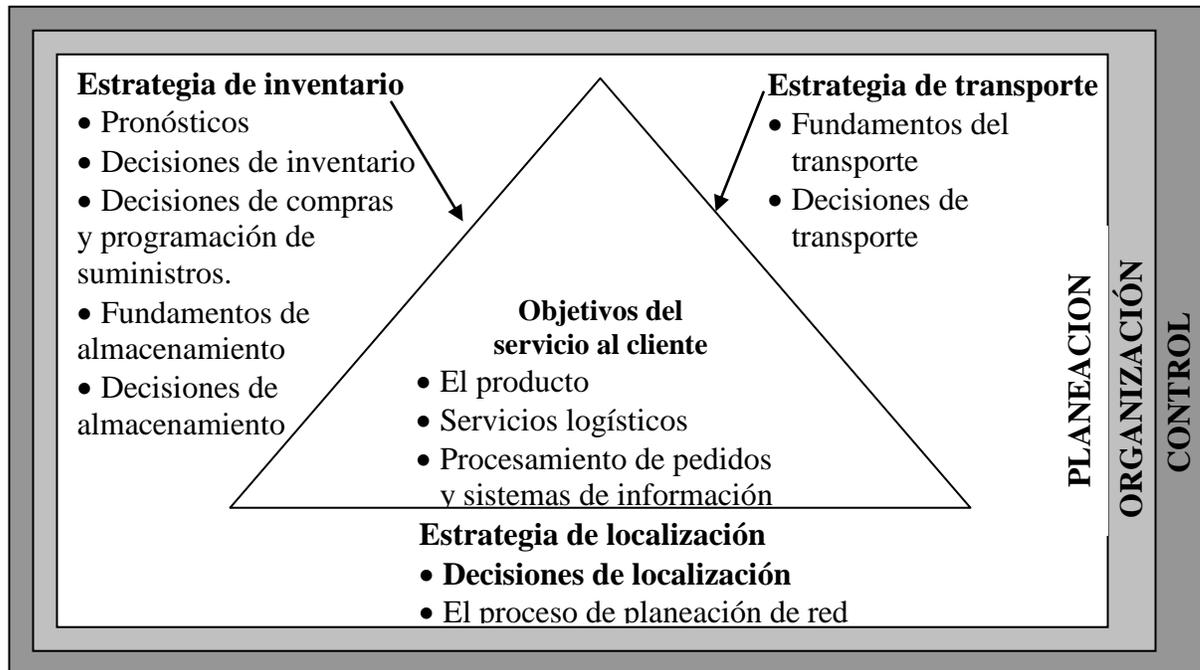


Figura 1.5: Estrategia para ubicación de instalaciones fijas.

Fuente: Ballou [2004]

La localización como teoría fue oficialmente introducida por Alfred Weber [1909], el cual consideraba que dicho problema era la simple localización de un almacén minimizando la distancia entre el mismo y los clientes espacialmente distribuidos. Para Isard [1956] y Isard [1960] no variaba mucho dicha concepción del problema de ubicación, a diferencia de no considerar un simple almacén, sino una industria en su totalidad. Otra teoría formulada sobre la localización fue la del economista Hotelling [1929], el cual planteaba que la localización resultaba como ubicar dos vendedores competentes en una fuerte línea. Las investigaciones realizadas por el autor anteriormente mencionado fueron extendidas por Smithies [1941]. Un sinnúmero de autores dedicaron grandes esfuerzos al problema de la localización en la década de los años 50 y comienzo de los 60, entre los más notables se encontraban: (Apple [1972], Armour & Buffa [1963], Ireson [1952], Losch [1954] y Moses [1958]). Los cuales en su totalidad concebían el problema de la ubicación de instalaciones como un factor económico decisivo. A diferencia de estos autores Miehle [1958] consideraba dicho problema con la absoluta minimización del largo de las conexiones en una red de trabajo.

Sin embargo otras de las investigaciones relacionadas con la ubicación de instalaciones consistía en un grupo de aplicaciones separadas; estas últimas no lograban ser unificadas en una misma teoría. Esta contradicción se apreciaba hasta en la localización de los llamados carros de bomberos o extinguidores de fuego abordada por Valinsky [1955]. Hubo otras investigaciones relacionadas con la ubicación de zonas de cambios en las vías de los trenes Mansfield & Wein [1958]. Versan et al. [1962] desarrolló aplicaciones relacionadas con la ubicación de depósitos de desechos sólidos, por otra parte Rapp [1962] inclinó sus investigaciones a las facilidades de locutorios telefónicos en una red de telecomunicaciones. [Burstall et al. 1962] a la pura localización de factorías, así como Young [1963] a las facilidades de los puntos de chequeos en las vías ferroviarias. Sin lugar a duda las distintas aplicaciones en el campo de los problemas de la ubicación de instalaciones tributaron de manera fortuita en la toma de decisiones a nivel estratégico en una cadena de suministro. Sin embargo este autor plantea que las investigaciones referidas a la localización de instalaciones se agrupan en la Tabla 1.4, donde se agrupan las mismas en ubicación de instalaciones sencillas, o una sola instalación y ubicación de múltiples instalaciones.

Tabla 1.4: Clasificación de los problemas de localización de instalaciones

	<b>Temáticas de localización</b>	<b>Herramientas más utilizadas</b>	<b>Autores</b>
<b>Instalaciones Sencillas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El problema de 1-Mediana</li> <li>• Heurística de Greedy para p-mediana</li> <li>• Problema del P-Centro</li> <li>• Set Covering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación entera mixta</li> <li>• Metas heurísticas</li> <li>• Trigonometría</li> <li>• Derivadas parciales</li> <li>• Mapas de ubicación</li> </ul>	Bowersox, 1962; Ballou, 1985; Allan, 1988; Cooper, 1968; Wesolowsky, 1972;
<b>Múltiples instalaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problema de Captura Máxima</li> <li>• Problema de p- mediana</li> <li>• Métodos exactos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programación entera mixta</li> <li>• Mapas de ubicación</li> <li>• Programación dinámica</li> <li>• Programación por objetivos</li> <li>• Búsqueda de árbol</li> </ul>	Lee et al, 1987; Akinc & Khumawala, 1977; Love, 1976; Geoffrion et al, 1981; Bender et al, 1981; Karrenbauer et al, 1989; Ballou et al 1993; Bowersox, 1972; Brandeau et al, 1993; Ballou, 1973

--	--	--	--

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla anterior se aprecia de forma resumida las investigaciones en el campo de la ubicación de instalaciones. En Cuba país las decisiones de localización han estado algo limitadas en estos últimos tiempos, debido esencialmente, a las limitaciones de recursos financieros, ya que estas decisiones son extremadamente costosas, pero a pesar de ello se han desarrollado investigaciones referidas al tema, entre las que se encuentra Castillo Coto [1999], la cual formula una estrategia para la localización de plantas generadoras a partir de los residuos agroindustriales, dicha tesis doctoral aborda mediante un enfoque multicriterio el problema de la localización, utilizando como técnica matemática la programación multiobjetivo, unido a otras técnicas de factibilidad económica. La estrategia propuesta por Castillo Coto [1999], carece de una herramienta que permita de manera multicriterial la ubicación de “n” instalaciones en “m” lugares posibles, es decir la problemática no es solo ubicar en el lugar correcto, sino que también que cantidad de instalaciones son las óptimas. (Poner lo de mis tesis) Las adecuaciones respecto a estas problemática se le dará solución en los siguientes capítulos. Por otra parte, el desarrollo y aplicación de técnicas de localización de instalaciones en objeto de estudio de la presente investigación, son muy limitados, esto no se debe fundamentalmente a la carencia de problemas de este tipo a resolver, sino que, resulta más factible la utilización de técnicas mucho más simples, como son, las relaciones de trade off y decisiones basadas en la experiencia de los directivos. Esto se debe en buena medida a que muchos modelos propuestos para la localización de instalaciones requieren de alta capacitación, o la implementación de software para la obtención de resultados. En la presente investigación se implementarán las soluciones en un software que permita la rápida obtención de los mismos y la aceptación por parte de la dirección que representa el objeto de estudios.

## 1.6 Principales experiencias del subsistema de aprovisionamiento en Almacenes Universales

Con relación a este epígrafe, se evidencian las principales experiencias tomadas de Almacenes Universales Sucursal Varadero, para tratar de identificar las principales características referentes al estado de la práctica, en cuanto a la recogida del envase de vidrio de la Cervecería Bucanero en Almacenes Universales Sucursal Villa Clara y así tratar de lograr una mayor efectividad en el procesos de recogida del envase en la provincia Villa Clara. A continuación se muestra el flujo de los envases de vidrio de la Cervecería Bucanero en Varadero (ver Figura 1.6).



Figura 1.6: Flujo de materiales en Almacenes Universales Sucursal Varadero.

Fuente: *Elaboración propia.*

Para la Cervecería Bucanero S.A. el arribo de sus botellas es algo esencial ya que le es más factible la recuperación de sus envases que comprarlo y que ocasiones no existe forma de adquirirlo, así que tratando de dar solución a esta problemática Cervecería Bucanero se dio a la tarea de buscar soluciones alternativas, las cuales esencialmente indicaban la recuperación del envase para sus producciones (cerveza bucanero, mayabe, cristal y malta). Legalmente, la única empresa que puede operar con el cambio de envases de cerveza por cualquier tipo de artículo, ya sea refresco o la propia cerveza nacional resultaba ser Almacenes Universales S. A., por este motivo se pactó un acuerdo entre ambas partes para la recuperación del envase de las tres cervezas y malta que produce Cervecería Bucanero en Holguín.

Por su parte Almacenes Universales tratando de obtener la mayor cantidad de envases efectuando primeramente un cambio que pensó que era más factible para la recuperación de la botella de cerveza, el cual consistía en cambiar seis cajas de botella vacía por una llena de Cerveza Bucanero sin etiqueta, pero esto trajo consigo problemas de ilegalidades por parte de los obreros implicados en la transportación y manipulación, así que conociendo esta situación trataron de darle una salida a este problema concibiendo un acuerdo con la Entidad de Materia Prima para que recuperara este vacío, este cambio, el cual es el vigente resultar ser de 4 cajas de botellas vacías por una caja de refresco en lata, el cambio puede se efectuado por cualquiera de los tres tipos de vacío (bucanero, mayabe, cristal y malta). Es por estas razones que el

proveedor de Almacenes Universales S. A Sucursal Varadero para los envases de los tres tipos de cerveza que produce Cervecería Bucanero S. A resulta la Empresa de Materias Primas.

Las Entidades de Materias Primas se dedican a la recuperación de los desechos que pueden volverse a utilizar. Estas entidades en Varadero constan de 8 puntos de cambio, donde 4 de ellos son los más significativos en la recogida de botellas de vidrio de la Cervecería Bucanero, los cuales se nombran a continuación:

- 📍 Jovellano.
- 📍 Cárdenas.
- 📍 Santa Marta.
- 📍 Cantel.

En estos momentos entre las casas de cambios de Materias Primas se recogen como promedio diariamente 1000 cajas de envases vacíos, estos envases resultan ser tanto de cerveza bucanero, mayabe, cristal y malta, las recogidas de estos envases se realizan mediante llamadas telefónicas y las transportación de los mismos en ocasiones se interrumpe debido a la carencia evidente de planificación y coordinación entre ambas empresas. Por su parte Almacenes Universales Sucursal Varadero toma estas decisiones logística completamente empíricas, e incluso no ha realizado en ningún momento análisis de factibilidad económica, el cual permita conocer si realmente resulta rentable para la Sucursal la recogida de envases de vidrio para las producciones posterior de Cervecería Bucanero.

Con este servicio de recuperar las botellas de vidrio de la Cervecería Bucanero, le sería más factible ya que le disminuye el costo de producción al no tener que solicitar producciones de envases a las Fábricas de Vidrios, las que en reiteradas ocasiones, realiza reprocesamientos innecesarios debido a la inminente falta de planeación, situación esta que genera efectos no deseados, desde demoras en las entrega de los envases para la producción de Cervecería Bucanero S. A, hasta las emisiones de gases a la atmósfera, elevando así la contaminación innecesaria del medio ambiente.

Existen otros elementos, que ponen de manifiesto el proceder netamente empírico de las Sucursales de Almacenes Universales, las cuales realizan la recuperación de envases, los mismos se refieren a la distribución empírica de los ingresos que realiza Almacenes Universales Sucursal Varadero en el proceso de recuperación de los envases de vidrio de Cervecería Bucanero. La compañía Cervecería Bucanero desembolsa por cada caja de envases de vidrio

ya sea de cerveza bucanero, mayabe, cristal o malta 0.86 centavos CUC. Por su parte Almacenes divide este ingreso unitario del modo siguiente: la transportación desde los distintos puntos de recogida de Materias Primas hacia Almacenes Universales equivale a 0.29 CUC por cada vacío que recogido, el almacenamiento y clasificación en AUSA Sucursal Varadero se ajusta al valor de 0.29 CUC y por último el proceso de transportación desde AUSA hasta Cervecería Bucanero en Holguín resulta ser de 0.28 CUC. Para efectuar la transportación de los envases de vidrio hacia Cervecería Bucanero en Holguín, Almacenes Universales cuenta con un solo vagón con una capacidad de 2016 cajas, por lo que el ingreso total percibido de un vagón completamente lleno será de 1733.76.

### **1.7 Conclusiones Parciales**

- 1) La bibliografía nacional e internacional reconoce la importancia de la logística y dentro de ella de la logística inversa, en el marco empresarial actual, destacando la necesidad del conocimiento de los conceptos y actividades de las mismas para una correcta aplicación de estrategias.
- 2) La logística inversa en Cuba ayuda a preservar el medio ambiente mediante el reciclaje, reúso y reducción de materiales, además de crear organizaciones con el objetivo de disminuir los productos ociosos y de lento movimiento.
- 3) En la literatura nacional y extranjera consultada no se encontraron procedimientos que, integrando los distintos procesos del diseño de subsistemas logístico inverso de aprovisionamiento, pudieran constituirse en un instrumento de apoyo a la toma de decisiones para ejecutar el proceso de recuperación de envases vacíos de cervezas, satisfaciendo el necesario enfoque objetivo que precisan en la actualidad las Sucursales de Almacenes Universales S. A. en las decisiones referidas a la recuperación de envases vacíos de cervezas.
- 4) Los modelos recogidos en la literatura especializada para la toma de decisiones sobre localización abordan de manera monocriterial dicho problema, teniendo en cuenta en su mayoría el costo de transportación, no adecuándose esta valoración de criterios al objeto práctico de la presente investigación.
- 5) La literatura científica consultada refleja que en Cuba los procedimientos referidos a la localización de instalaciones, carecen de un enfoque integrador respecto a los elementos técnicos y económicos de los problemas de localización.

- 6) Las decisiones logísticas que se llevan a cabo en Almacenes Universales Sucursal Varadero, referidas al proceso de recuperación de envases de vidrio reflejan un proceder puramente empírico, debido esencialmente a la no valoración de los niveles de consumo, así como a las posibles alternativas de localización de almacenes intermedios.



*Capítulo II*  
*Capítulo II*



## **CAPITULO II. PROCEDIMIENTO PARA LA CONTRIBUCION A LA TOMA DE DECISIONES PARA EL DISEÑO DEL SUBSISTEMA LOGÍSTICO INVERSO DE APROVISIONAMIENTO PARA LOS ENVASES DE VIDRIO DE CERVECERÍA BUCANERO S. A**

### **2.1. Introducción**

Sin lugar a duda la búsqueda incesante del perfeccionamiento en el campo de la logística inversa ha propiciado, como se evidenció en el Capítulo I, que diversos autores desarrollen modelos y procedimientos relacionados con el diseño y gestión de las cadenas de suministro inversa; algunos han abordado esta problemática con visión algo limitada y otros con un nivel de profundidad avanzada. En su mayoría estos procedimientos asumen como datos de entrada variables importantes como son, el comportamiento de la demanda y otros factores. En este capítulo, dando cumplimiento a los objetivos específicos de la investigación, se propone un procedimiento (ver Figura 2.1) para realizar el diseño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento del envase de vidrio para la Cervecería Bucanero S. A.

### **2.2. Desarrollo del procedimiento por etapas**

El procedimiento propuesto constará de tres etapas, una etapa inicial que aborda, el estudio de los niveles de consumo de las distintas producciones de Cervecería Bucanero S. A, por parte de la población en determinado territorio, así como, los arribos de envases a las entidades de la Empresa de Materias Primas, comprendidas en ese territorio. La segunda, formula alternativas de solución para problemas de localización de almacenes intermedios, de igual forma determina las posibles necesidades de transportación. Por último, el procedimiento contempla procesos y criterios, que permitirán el seguimiento del desempeño del subsistema logístico inverso diseñado.

***Etapas I:** Determinación de niveles de venta y arribos de envases. Valoración conjunta.*

#### **2.2.1. Estudio del consumo de la cerveza producida por Cervecería Bucanero S. A**

En este paso se dará a conocer estadísticamente el consumo de los tres tipos de bebidas producidas por Cervecería Bucanero S. A. con el objetivo fundamental de saber realmente la cantidad cervezas que se venden en el territorio objeto de estudio, las cuales se obtendrán mediante la búsqueda de datos históricos.

Conjuntamente con el estudio del consumo de la cerveza, están relacionados un grupo de aspectos que se hacen necesarios para el análisis de esta problemática, estos aspectos son los

que se describirán a continuación, uno de ellos es la identificación de las unidades más representativas en las ventas de estas cervezas en la provincia.

El otro factor es la determinación del periodo de estudio, es decir, calcular la cantidad de días que durará el estudio. Por último se realiza la representación y el análisis de los datos referidos a las ventas de las cervezas.

### **Identificación de las unidades de ventas más representativas**

Para la identificación de las unidades de venta más representativas, de los diferentes tipos de cervezas producidas por Cervecería Bucanero S. A. en el territorio objeto de estudio, se asumirá como dato de entrada de la compañía, aquellas unidades de venta que la misma considere relevante de acuerdo a sus niveles de ventas. Es decir, las unidades de venta que no sean valoradas en el estudio presentan niveles de venta muy bajos.

### **Determinación del período de estudio de las ventas de cerveza**

Con respecto a la determinación del período de estudio de las ventas de los diferentes tipos de cervezas producidas por la Cervecería Bucanero S. A se propone emplear el cálculo del tamaño de la muestra en poblaciones infinitas, debido a que se desconoce con exactitud los días en que se han vendido históricamente estos productos, la expresión es la siguiente:

$$n = \frac{\left(t_{\alpha/2; m-1}\right)^2 * S^2}{d^2} \quad [2.1]$$

donde:

n: tamaño de la muestra requerida para el estudio en días.

$t_{\alpha/2; m-1}$ : percentil de la distribución t de student relacionado con el nivel de confianza seleccionado por el investigador.

m: muestra piloto.

S: Desviación típica de la muestra piloto.

d: precisión del experimento en días.

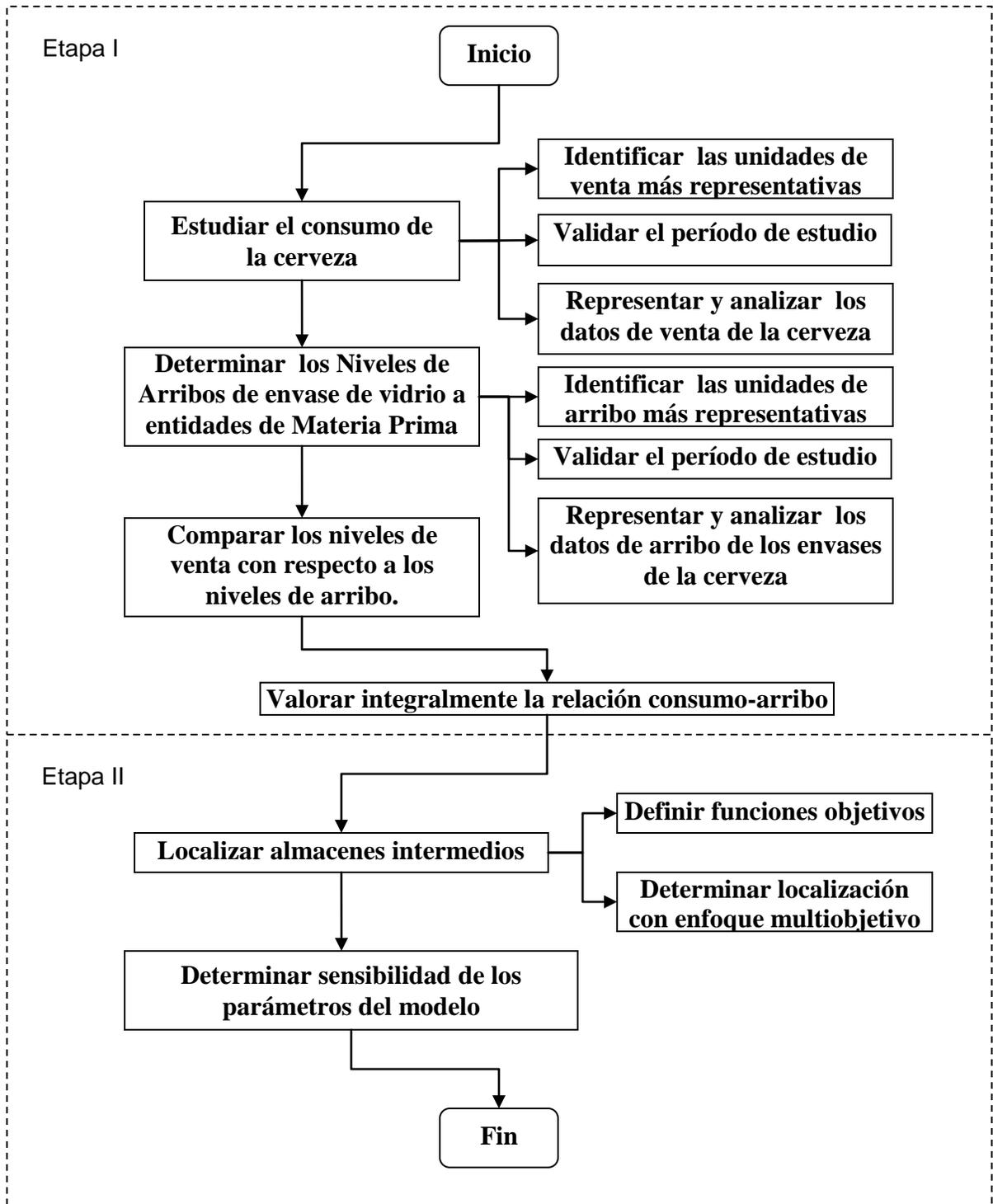


Figura 2.1: Procedimiento mejorado para las decisiones de localización de almacenes intermedios en el proceso de reciclaje de los envases de vidrio de para Cervecería Bucanero S. A.

Fuente: Elaboración Propia

El número que se obtendrá en el cálculo del tamaño de la muestra significa la cantidad de días que abarcará el estudio sobre las ventas en la provincia de Villa Clara de las diferentes botellas de cerveza producidas por Cervecería Bucanero S. A. Una vez obtenido este valor se debe decidir si los datos históricos son suficientes para el estudio, en caso que no sean suficientes pudieran generarse a través de pruebas estadísticas como la de Monte Carlos, teniendo en cuenta que no sean valores con determinados niveles de perturbación.

### **Representación y análisis de las ventas de cerveza**

Este paso aborda la representación y el análisis de los datos de consumo de los diferentes tipos de cervezas producidas por Cervecería Bucanero S.A. Para la representación gráfica se utilizará la técnica estadística de Series Cronológicas, la fiabilidad de los resultados de la misma, depende en gran medida, de la actualidad de estos datos (ventas diarias), así como, de la limpieza o depuración de los datos que serán introducidos. La depuración se refiere a eliminar aquellos datos de consumo de cervezas que resulten de periodos inestables o fuera de control. Estos periodos pueden surgir a partir de fluctuaciones en los precios del producto, así como, incrementos por fechas festivas o de otra índole.

Teniendo en cuenta, las consideraciones anteriormente expuestas, se propone el estudio de un conjunto de observaciones secuencialmente generadas en el tiempo, dichas observaciones se refieren al comportamiento de las ventas de cerveza producida por Cervecería Bucanero S. A, Bucanero, Mayabe, Cristal. Los valores de cada observación se corresponden con la suma de todas las ventas de un día en las unidades representativas identificadas en el epígrafe anterior.

Para el análisis de una Serie Cronológica se deben tener presente los elementos siguientes:

- ✚ Análisis de la Tendencia: Analizar la tendencia de los niveles de venta con el objetivo de definir mediante el gráfico de la serie, el posible comportamiento futuro de las ventas. Es decir incrementos, decrementos o quizás comportamiento constante en los niveles de venta de los distintos tipos de cerveza producido por Cervecería Bucanero S. A.
- ✚ Análisis de Estacionalidad: Determinar posibles comportamientos periódicos por estaciones de tiempo.

El Anexo 2 refleja, las distintas alternativas a seguir para la realización de pronósticos en un día de venta, de acuerdo a las posibles combinaciones de las componentes de la Serie de Tiempo identificada anteriormente.

## **2.2.2. Determinación de los niveles de arribos del envase de vidrio vacío a Entidades de Materias Primas**

El proceso de determinación de los niveles de arribos del envase de vidrio vacío a Entidades de Materias Primas tiene como objetivo fundamental la determinación de la cantidad real de las botellas de cerveza que se recuperan. Esta determinación de los niveles de arribo se obtendrá por datos históricos recogidos en la Dirección Provincial de Materias Primas. A parte de la determinación de los niveles de arribo también resulta necesario conocer cuales son los puntos de cambio más representativos en la recogida de los envases de vidrio vacío para un mejor desarrollo de el trabajo, como parte de la investigación es preciso determinar el periodo de estudio, pero para ello se requiere el cálculo del tamaño de muestra basado en la expresión propuesta en epígrafes anteriores, para así obtener un mejor resultado. Por último y no deja de ser menos importante, la representación y el análisis de los arribos de los envases a las casas de cambio.

### **Identificación de las unidades de arribos más representativas**

Para la identificación de las unidades más representativas en los arribos de los diferentes tipos de envases de vidrio vacío a las Entidades de Materias Primas de la provincia Villa Clara, se asumirán como unidades representativas aquellas, que al menos, que con la cantidad de cajas de envases de vidrio vacío recogidas sufraguen los costos de transportación del medio utilizado por la Compañía Almacenes Universales S. A. para el traslado de estas cajas. En el capítulo III de la actual investigación se agruparán en una tabla dichas casas de cambios más representativas y los lugares donde se encuentran estas entidades representativas dentro del territorio objeto de estudio.

### **Determinación del período de estudio para arribos en las Entidades de Materias Primas**

Para la determinación del período de estudio de los arribos de los diferentes envases de cervezas a las entidades de Materias Primas, se propone emplear el cálculo del tamaño de la muestra a través de la expresión 2.1.

El valor que se obtendrá en el cálculo del tamaño de la muestra significa, el número de días que abarcará la investigación, sobre los arribos de los diferentes tipos de botellas de cervezas a las entidades situadas en el territorio objeto de estudio.

## Representación y análisis de los datos de arribo de los envases

Después de identificar las unidades de arribos más representativas y la determinación del período de estudio en las Entidades de Materias Primas, se realizará la representación gráfica y el análisis de los datos de los arribos de los diferentes tipos de botellas de cervezas vacías a las entidades de Materias Primas, para el análisis gráfico se utilizará la técnica estadística de Series Cronológicas. En este paso se propone el estudio de un conjunto de observaciones secuencialmente generadas en el tiempo, dichas observaciones se refieren al comportamiento de los arribos de los diferentes tipos de envases de vidrio vacío, es decir cerveza Bucanero, Mayabe y Cristal. Los valores de cada observación se corresponden con la suma de todos los arribos de un día en las unidades más representativas identificadas en el epígrafe anterior.

Para el análisis de una Serie Cronológica se debe tener presente los elementos citados en pasos anteriores al igual que el pronóstico formulado según el Anexo 2.

### 2.2.3. Comparación de los niveles de consumo con respecto a los niveles de arribos

En este paso se comparan los niveles de ventas con respecto a los niveles de arribos, aplicando pruebas de hipótesis para la comparación de dos poblaciones cuando ambas varianzas son desconocidas, con el objetivo de analizar la relación existente entre los niveles de consumo de los distintos tipos de cervezas producidas por Cervecería Bucanero S. A y los niveles de arribo de los envases, ya consumidos, a Entidades de Materias Primas. La comparación permitirá además, conocer cual de las variables es mayor, en caso de que los niveles de consumo estén por encima de lo arribos, esto permitirá trazar decisiones estratégicas, como las de localización, la cual se determinará en función del consumo, como horizonte de planeación de estas decisiones a largo plazo. Para ello se propone la metodología siguiente:

✚ *Definición de las variables aleatorias; “X” y “Y”*

donde:

X: cantidad de envase de vidrio que arriban en un día a entidades de Materias Primas.

Y: consumo diario de las bebidas producidas por Cervecería Bucanero S. A.

$$X \sim N(\mu_x, \sigma_x^2)$$

$$Y \sim N(\mu_y, \sigma_y^2)$$

✚ *Planteamiento de la hipótesis estadística:*

<b>Caso Bilateral.</b>
$H_0: \mu_x = \mu_y$

$$H_1: \mu_X \neq \mu_Y$$

✚ *Cálculo del Estadígrafo docimástico:*

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad [2.2]$$

✚ *Región Crítica:*

$$|t| > t_{\alpha/2; n_1+n_2-2} \quad [2.3]$$

Entonces si se cumple: → se Rechaza  $H_0$

### **Valoración integral de la relación consumo- arribo**

Para la valoración integral se debe tener en cuenta el resultado del paso anterior en cuanto a la comparación entre los niveles de arribo de los envases de vidrio vacío a las Entidades de Materias Primas y los niveles de ventas de los tres tipos de cervezas producidas por Cervecería Bucanero S. A.

Al determinar las medias de ambas variables se podrá decir que, si estas medias son iguales no existe diferencia significativa entre los niveles de ventas y los niveles de arribo, es decir arriba la misma cantidad de los diferentes tipos de botellas de vidrio vacía que las vendidas por las unidades de Cervecería Bucanero, si estas medias son distintas, hay diferencia significativa entre los niveles de ventas y los niveles de arribo, y se asume entonces que el consumo de cervezas está por encima de la recogida de envases, lo que implicará que las decisiones a largo plazo, como la de localización, deben ser tomadas sobre la base de el consumo, ya que en un futuro, los arribos de envases pudieran acercarse a el consumo del producto. La realización de esta prueba de hipótesis se puede implementar a través del *software* SPSS, el cual permitirá la obtención eficiente y rápida de los resultados deseados.

***Etapa II:*** *Localización de almacenes intermedios y determinación de necesidades de transportación.*

#### **2.2.4. Localización de almacenes intermedios**

La ubicación de almacenes intermedios entre los distintos puntos de recogida de envases y la Sucursal objeto de estudio de Almacenes Universales, es uno de los elementos fundamentales en el desarrollo del procedimiento propuesto en la presente investigación. La correcta formulación de la misma posibilitará el logro de múltiples objetivos, entre los que se encuentra, el

incremento de la recogida de los envases de vidrio y la valoración de elementos de transportación entre otros.

### Definición de las funciones objetivos

La mayoría de los modelos de localización parten de alternativas previamente concebidas, es decir los modelos buscan el óptimo para una cantidad predeterminada de instalaciones. A diferencia de estas formulaciones, la metodología que se propone en esta investigación, permitirá conocer la ubicación de “n” almacenes intermedios entre los puntos de recogida y la Sucursal bajo enfoque multicriterio. Para que del modelo propuesto se obtenga como resultado el lugar donde ubicar y la cantidad óptima de almacenes intermedios, se requiere de una concepción adecuada acorde a la realidad de las distintas funciones objetivo. Como primer paso para la definición de las funciones objetivo resulta necesario la conformación del equipo de trabajo (expertos). Para ello se seleccionaron, como miembros del equipo, a aquellos con conocimientos de la disciplina de logística, específicamente de los temas de localización de instalaciones y *trade off*, así como personal calificado y con experiencia en la Compañía de Almacenes Universales S. A.

La formulación de dichas funciones objetivos estuvo basada, fundamentalmente, en el juicio de los expertos (ver Tabla 2.1) y el número de expertos se obtuvo a partir de la expresión 2.4.

$$n_e = \frac{p(1-p)k}{i^2} \quad [2.4]$$

donde:

$n_e$ : Cantidad necesaria de expertos.

p: error estimado.

i: Precisión deseada en la estimación.

k: Constante computarizada que depende del nivel de confianza (1- $\alpha$ ).

(1- $\alpha$ )	K
0.90	2.6896
0.95	3.8416
0.99	6.6564

El número de expertos (ocho) fue calculado según la ecuación 2.4, estableciéndose para ello los valores siguientes: p = 0,01; i = 0,1 y 1- $\alpha$  = 0,99. Los valores de índice de consenso en la tabla 2.2 fueron obtenidos a través de la expresión 2.5 formulada por Abreu Ledón [2004]. En el Anexo 3 aparecen los expertos con la descripción de su cargo y función dentro del equipo de trabajo.

$$ICS_{ri} = \left(1 - \frac{S_{ri}}{S_L}\right) \times 100\% \quad [2.5]$$

donde:

$ICS_{ri}$ : Índice de Consenso entre los expertos con relación a la salida "r" del equipo "i".

$s_L$ : Desviación estándar máxima posible. (Ver Tablas 2.1)

$s_{ri}$ : Desviación estándar del juicio de los expertos para la salida "r" del equipo "i".

Tabla 2.1 Valores de la desviación estándar máxima posible para el juicio de los expertos dados a las distintas funciones objetivo

$n_e$	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$s_L$	2,673	2,673	2,635	2,635	2,611	2,611	2,594	2,594	2,582

Fuente: Abreu Ledón [2004].

Tabla 2.2: Juicio emitido por los expertos para la formulación de las funciones objetivos en la ubicación de almacenes intermedios

Funciones Objetivos	Expertos								Valor Promedio	Índice de consenso
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Costo de Transportación	5	5	5	5	5	4	5	5	4.857	85.86
Costo de Inversión	5	5	5	4	5	5	5	5	4.857	85.86
Costo de Inventario	3	2	3	3	3	2	1	3	2.429	70.57
Gasto de operaciones	2	2	2	1	1	3	2	2	1.857	74.18
Cantidad de envases a recoger	5	5	5	5	5	5	5	5	5.000	100.00

Fuente: Elaboración Propia. (Poner otra función objetivo positiva)

Los valores en la tabla anterior varían de uno (1) a cinco (5), siendo (1) el valor más desfavorable referido a la inclusión de esa función objetivo en el modelo, y (5), valor más favorable a este suceso descrito.

Como resultado del trabajo con los expertos en la valoración de las distintas funciones objetivos, se decidió establecer como funciones objetivos para el análisis de la localización de almacenes intermedios las funciones: Costo de Transportación, Costo de Inversión y Cantidad de envases a recoger. Resultado irrelevante para este tipo de caso de estudio las restantes funciones consideradas. Para el caso de índice de consenso se consideró como adecuado, un índice mayor que el 85%, dicho valor límite se establece bajo la base de experiencias de aplicaciones en tesis doctorales, trabajos de diploma e innumerables proyectos de curso de estudiantes de Ingeniería Industrial.

### Determinación multiobjetivo de la localización.

La localización de almacenes intermedios mediante la propuesta de algoritmo evolutivo, se basa fundamentalmente en la división por celdas de un mapa de determinado territorio (ver figura 2.2); a dichas celdas se le asocian los  $\begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix}$  valores de las variables contempladas en funciones objetivos. Posteriormente, se generan  $\begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix}$  combinaciones posibles para localizar “n” instalaciones en “m” posibles celdas. La solución a este número elevado de combinaciones se obtiene mediante la aplicación de algoritmos aleatorios, que permitirán ir combinando las distintas soluciones en busca de la adecuada, según los objetivos previamente establecidos.



11				133	134					135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145		
12			151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
13	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	
14	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	
15	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249
16	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276
17	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303
18	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	
19	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	
20	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379
21	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404
22	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426		
23	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446				
24	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462							

Figura 2.2 Representación geográfica de las celdas de una ciudad para la estrategia de localización con enfoque multiobjetivo.

Fuente: *Elaboración Propia.*

El algoritmo propuesto consta de varios pasos, un primer paso en que se definen las expresiones de cálculo para las funciones objetivos y sus variables. Como segundo paso se propone un pseudocódigo heurístico, el cual permite la obtención de una población aleatoria de las soluciones iniciales. En el caso del tercer paso se seleccionan las mejores soluciones de acuerdo a una función *fitness* que tiene en cuenta la dominancia pareto. En el cuarto paso obtienen las distintas soluciones a través de un pseudocódigo genético, que permite la combinación de individuos o soluciones de forma tal que en su última generación obtenga la mejor.

**Paso 1:** *Formulación de las funciones objetivos.*

Para las funciones objetivo definidas por los expertos se proponen las expresiones siguientes de cálculo:

❖ Costo de Transportación

$$C_T = R_U * \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{c_{ij}} * X_{w_{ij}} \quad [2.6]$$

donde:

$C_T$ : Costo de Transportación. (\$/día)

$R_U$ : Gasto unitario de recorrido. (\$/Km.)

$X_{c_{ij}}$ : Distancia desde el almacén "i" ubicado en la celda "j" hacia Sucursal. (Km.)

n: Cantidad de almacenes intermedios a localizar.

m: Cantidad de celdas en se divide el territorio analizado.

$$X_{w_{ij}} = \begin{cases} 0 & \text{si no se localiza almacén intermedio "i" en la celda "j"} \\ 1 & \text{si se localiza almacén intermedio "i" en la celda "j"} \end{cases}$$

❖ Costo de inversión

$$C_I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{i_{ij}} * X_{w_{ij}} \quad [2.7]$$

donde:

$C_I$ : Costo total de inversión.

$C_{i_{ij}}$ : Costo de inversión del almacén intermedio "i" ubicado en la celda "j".

❖ Cantidad de envases a recoger

$$I_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Xp_{ij} * XW_{ij} \quad [2.8]$$

donde:

$Xp_{ij}$ : Cantidad de envases potenciales a recoger por el almacén intermedio “i” localizado en la celda “j”.

Las decisiones de localización constituyen decisiones estratégicas en la gestión de la cadena de suministro, es por ello, que el desarrollo del algoritmo propuesto para la localización de instalaciones, incluirá en el próximo capítulo los niveles de consumo como  $Xp_{ij}$ . Esto se debe a que como las decisiones de localización se desarrollan en un período mayor de un año, la decisión debe tomarse en función de los niveles de consumo, como escenario máximo posible que pueden alcanzar los arribos de envases.

Los valores de las distintas variables contempladas en las funciones objetivo, se representarán en una matriz  $M^{m \times 5}$ , donde las filas representan las celdas desde uno hasta “m” y las columnas representan los valores siguientes:

Columna 1: Código de la fila en la segmentación del territorio objeto de estudio.

Columna 2: Código de la columna en la segmentación del territorio objeto de estudio.

Columna 3: Distancia desde el almacén “i” ubicado en la celda “j” hacia Sucursal. (Km.)

Columna 4: Costo de inversión del almacén intermedio “i” ubicado en la celda “j”.

Columna 5: Cantidad de envases potenciales a recoger por el almacén intermedio “i” localizado en la celda “j”.

**Paso 2:** *Generación de la población de soluciones iniciales.*

Este algoritmo genera de una población inicial de forma aleatoria con el objetivo de obtener individuos que se aproximen al conjunto de soluciones Paretos óptimas buscadas, además minimiza los tiempos de corridas en la cuarta etapa de procedimiento debido a su inminente complejidad. Para cada individuo de la población, el cual tendrá la forma de un vector, donde cada elemento es el código de la cuadrícula se realiza un sorteo para saber cuantos almacenes intermedios tendrá esa solución. El algoritmo heurístico se describe en el Cuadro 1.

**Paso 3:** *Selección.*

Se denomina como selección de las mejores soluciones del pseudocódigo 1 a la acción de completar con los mejores individuos de cada generación una población externa denominada archivo. El tamaño de dicho archivo es fijo y no varía durante las corridas del algoritmo. Inicialmente todos los individuos no dominados, cuyos *fitness* (ver expresión 2.8) son menores que uno, son copiados al archivo según la (expresión 2.9).

$$F(i) = 0.5 I_p - 0.25 C_T - 0.25 C_I \quad [2.9]$$

$$\bar{P}_{t+1} = \left\{ i \mid i \in P_t + \bar{P}_{t+1} \wedge F(i) < 1 \right\} \quad [2.10]$$

Cuadro 1: Pseudocódigo heurístico para la obtención de la población inicial

<p><b>Algoritmo Heurístico de Iniciación de la Población Inicial.</b>  Leer parámetros: posibles soluciones, nind, nmin  Ordenar matriz de posibles soluciones de acuerdo al número de almacenes intermedios necesarios  Para i =1 hasta nind      Generar un número aleatorio N entre nmin y nmax      Si N &lt; nmin          N= nmin (el Nro. Mínimo de almacenes a ubicar para la solución inicial será nmin)      Fin si      Para j =1 hasta N          Elegir una ubicación índice de la matriz de posibles soluciones          Inisolu (i, j)= posibles (índice)      Fin Para      Si N &lt; nmax          Inisolu (i, j) = 0 para todo j que no contiene un almacén (esto es, N+1 ≤ i ≤ nmax)      Fin Si      Inicializar N = 0  Fin Para  Inisolu = Matriz de soluciones iniciales (dimensión nind x nmax)  Ordenar inisolu por columna</p>
<p>posibles: número de cuadrículas que los expertos tendrán en cuenta en el estudio  nind: números de individuos  nmin: número mínimo de almacenes a ubicar  nmax: número máximo de almacenes a ubicar</p>

Fuente: Elaboración Propia basado en Barán et al. (2003).

En caso de que la cantidad de individuos no dominados sea igual al tamaño establecido para el archivo  $\left( IP_{t+1} = \bar{N} \right)$ , la etapa de la selección estará completa. En el caso de que no sea igual existirían dos posibilidades:

- 1) La cantidad de individuos no dominados es menor que el tamaño establecido para el archivo  $\left( IP_{t+1} = < \bar{N} \right)$ .
- 2) La cantidad de individuos dominados es mayor que el tamaño establecido para el archivo  $\left( IP_{t+1} = > \bar{N} \right)$

En el primer caso, se completa el archivo con los mejores  $\left(\bar{N}-IP_{t+1}\right)$  individuos dominados en el archivo y la población de la generación anterior  $t$ . Esto se implementa ordenando el multiconjunto  $P_t + \bar{P}_t$  de acuerdo a los valores de fitness y copiando a  $\bar{P}_{t+1}$  los primeros  $\left(\bar{N}-IP_{t+1}\right)$  individuos "i" con fitness  $F(i) \geq 1$ . En el segundo caso, cuando el tamaño del conjunto de no dominados es mayor a  $\bar{N}$ , un operador de truncamiento remueve iterativamente los individuos de  $\bar{P}_{t+1}$  hasta que el conjunto de no dominados sea igual al tamaño establecido para el archivo  $\left(IP_{t+1} = \bar{N}\right)$ . El operador de truncamiento anteriormente mencionado garantiza que puntos valiosos de la frontera no sean perdidos, y lo realiza de la forma siguiente: el individuo que tiene la menor distancia euclidiana a otro es desechado en cada iteración. En caso de igualdad con otros individuos, se desempata considerando la segunda menor distancia del individuo al ser removido, y así sucesivamente.

**Paso 4: Generación de las soluciones.**

La obtención de soluciones se realiza a través un pseudocódigo genético, el cual permite mediante generaciones, que partieron de un conjunto de soluciones iniciales (pseudocódigo 1), llegar a una solución óptima (ver Cuadro 2) de acuerdo a la función *fitness* definida anteriormente.

**2.2.5. Determinación de la transportación (Aquí va las pruebas de hipótesis para los parámetros del modelo)**

Los elementos relacionados con la determinación de la transportación, se refieren a la determinación de los medios de transportación, donde estos se encargaran del traslado de los envases de vidrio vacío hacia sus destinos, donde su punto de partida son las entidades de Materias Primas más representativas hasta la Sucursal de Almacenes Universales S. A. objeto de estudio, estos recorridos se harán mediante la utilización de los medios terrestre. El traslado anteriormente mencionado ocurriría en caso de que no existiera ubicación de almacenes intermedios, es decir, si se ubican almacenes intermedios las rutas a determinar serían desde esos almacenes intermedios a la Sucursal objeto de estudio.

Para el análisis completo de la situación hay que hacer alusión a otros aspectos, el primero es las múltiples rutas posibles a formar dependiendo de las distancias entre estos y la distancia

Cuadro 2: Pseudocódigo genético para la obtención de la solución final

<pre>Programa Principal SEA2 Leer los parámetros del SEA2: nind, nmin, nmax, ngen, pm, pc, nptrue Generar una población usando el algoritmo heurístico (Pseudocódigo 1) Generar un archivo vacío (conjunto externo) Para gen = 1 hasta ngen   Eliminar almacenes repetidos del individuo   Evaluar funciones objetivos de cada individuo de la población   Asignar fitness a cada individuo de la población y del archivo   Calcular todos los individuos no dominados de la población y del archivo   Actualizar el archivo con los individuos no dominados   Si el tamaño del archivo es mayor que nptrue     Reducir el tamaño con el operador de truncamiento   Caso contrario     Si el tamaño del archivo es menor que nptrue       Copiar los mejores individuos dominados del archivo y la población con fitness <math>\geq 1</math>       al archivo de la nueva generación hasta que el tamaño del archivo sea igual a nptrue     Fin Si   Si gen es menor que ngen     Realizar torneo binario para seleccionar los individuos del archivo que formarán parte     del conjunto de emparejamientos     Realizar cruzamiento y mutación del conjunto de emparejamientos     Actualizar la población del resultado del conjunto de emparejamientos   Fin Si   Incrementar contador de generaciones (gen = gen + 1) Fin Para Salvar el archivo (conjunto de no dominados)</pre>
<p>nngen: número máximo de generaciones pm: probabilidad de mutación pc: probabilidad de cruzamiento nptrue: tamaño del archivo de no dominados</p>

*Fuente: Elaboración Propia basado en Barán et al. (2003)*

desde cada uno de ellos hasta un Centro de Distribución o Almacenamiento, sin embargo, en presencia de una cantidad grande de alternativas a seleccionar, su solución en general, resulta compleja y en muchos casos, la evaluación de cada una de las posibles combinaciones, constituye una tarea extremadamente costosa en tiempo, la técnica que se utilizará para dar solución al problema es el Método del Barrido, el segundo aspecto es el cálculo de la cantidad de viajes o la cantidad de medios para la transportación de los envases de vidrio.

### **Identificación de las posibles rutas de transportación**

Para el proceso de identificación o búsqueda de posibles rutas de transportación se aplicará el Método del Barrido, ya que la naturaleza de su procedimiento resulta muy práctica, dado que obedece al sentido lógico que requiere un análisis de rutas. Este procedimiento consta de los pasos que se definen a continuación:

- 1) Ubicación de los puntos de la red logística.
- 2) Determinación de la demanda de los puntos que serán abastecidos.
- 3) Determinar la capacidad de transportación.
- 4) Trazar una línea en cualquier dirección, partiendo del punto abastecedor.
- 5) Mover la línea en sentido contrario a las manecillas del reloj, formando los diferentes ciclos.

### **Planeación de los medios de transportación**

Tal y como fue mencionado anteriormente, los medios constituyen el elemento principal de un Sistema de Transportación, por lo que la organización de los mismos para su empleo eficiente, resulta sumamente importante. En este epígrafe se determinará la cantidad de viajes o de transporte a utilizar para el traslado de los tres tipos de envases de vidrio vacío de la Cervecería Bucanero. Para ello, se emplea el procedimiento mostrado en el Anexo 4, el cual está concebido para cálculos de carácter global, de este procedimiento se utilizará las dos ramas de la derecha, debido que la carga a transportar es ligera la cual se caracteriza por ocupar mucho volumen pero con un peso poco significativo respecto al medio.

Algunos elementos a utilizar para la determinación de los viajes o cantidad de medios de transportación son los siguientes:

#### *1. Principales parámetros de los medios.*

- ✚ Capacidad de carga estática ( $q_{est}$ ): Carga máxima que admite el medio de transporte, atendiendo al peso, en toneladas.
- ✚ Capacidad volumétrica del medio ( $CW$ ): Volumen máximo que es capaz de cargar el medio de transporte, en metros cúbicos. Generalmente es una magnitud conocida o de fácil estimación. Su mayor dificultad se presenta en el caso de camiones plataforma, para el cual se aplica la fórmula.

$$CW = L * A * (4.8 * hc)$$

[2.11]

donde:

L: Largo de la plataforma del camión.

A: Ancho de la plataforma del camión.

hc: Altura desde el suelo hasta la plataforma.

El valor "4.8" se refiere a la altura máxima permitida de la carga, especificada generalmente en el Código del Tránsito de varios países, por lo que de diferir esta magnitud de la reglamentada, debe hacerse la rectificación pertinente.

Capacidad volumétrica específica (cw): Son los metros cúbicos de volumen que admite el medio de transporte por tonelada de carga, en m<sup>3</sup>/ t. Se calcula mediante la fórmula.

$$cw = \frac{CW}{qe}, \quad [2.12]$$

## 2. Principales parámetros de la carga.

✚ Cantidad de carga a transportar (Q).

✚ Volumen a transportar (U).

✚ Volumen de obstrucción (U<sub>o</sub>).

### a. Para unidades de carga.

$$U_o = \frac{vc}{Pb} * km \quad [2.13]$$

donde:

vc: volumen de la unidad de carga, en m<sup>3</sup> / unidad.

Pb: peso bruto de la unidad de carga, en t /unidad.

Km.: coeficiente de aprovechamiento del volumen útil del espacio de carga.

Si Km. = 1, significa que se utiliza todo el espacio de carga.

### b. Para estimados:

$$U_o = \frac{U}{Q}, \text{ en m}^3/\text{t} \quad [2.14]$$

Si:

U<sub>o</sub> = Cw: La carga ocupa todo el volumen y el medio de transporte se aprovecha al máximo.

U<sub>o</sub> > Cw: Falta volumen, o sea, carga ligera, refiriéndose a cargas que ocupan mucho volumen pero que tienen poco peso.

**Etapa III: Control y seguimiento.**

### **2.2.6. Control del desempeño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento para los envases de vidrio vacío**

Para el control del desempeño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento se propone el seguimiento de los niveles de venta expresados en la primera etapa del presente capítulo. Los niveles de consumo de las distintas cervezas Bucanero, Mayabe y Cristal resultan ser las fuentes fundamentales en el proceso de recuperación de envases de vidrio vacíos, además se debe considerar que el horizonte de planeación del subsistema logístico de aprovisionamiento debe estar dirigido hacia los niveles de venta que se realizan en periodo de estudio, es decir como máximo los recursos que se planearán en los distintos procesos del diseño del subsistema de aprovisionamiento objeto de estudio estará en correspondencia con los niveles de venta de estos tres tipos de cervezas. Para el control del desempeño de algunos de los procesos (ver Tabla 2.3) que comprende el subsistema logístico inverso de aprovisionamiento se propone las expresiones dadas por Knudsen González, (2005). Es importante aclarar que la evaluación real del factor ( $E_{ji}$  práctico) se hace diferente en factores que se deben maximizar y en aquellos que se minimizan, siendo necesaria la revisión del plan cuando el valor real ( $E_{ji}$  real) en un factor a maximizar es mayor que el plan o cuando el valor real ( $E_{ji}$  real) en un factor a minimizar es menor que el plan.

Una vez determinado los indicadores por procesos dentro del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento, se debe establecer su calificación. Para ello se decidió el indicador propuesto por Marrero Delgado [2001], en el cual la primera instancia sería utilizar la escala siguiente: *Excelente* (Igual a 1), *Muy bueno* (de 0,91 a 0,99); *Bueno* (de 0,81 a 0,90); *Regular o Medio* (de 0,71 a 0,80); *Malo* (de 0,61 a 0,70); *Pésimo* (inferior a 0,61). Luego las expresiones planteadas resultaron ser las siguientes:

$$NDPA = \sum_{j=1}^n W_j * c_j \quad j = 1(\wedge)n \quad [2.15]$$

$$c_j = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{mj} W_{ji} * C_{ji} \quad j = (\wedge)n \quad y \quad i = (\wedge)mj \quad [2.16]$$

$$C_{ji} = E_{ji} - \text{práctico} / E_{ji} - \text{teórico} \quad [2.17]$$

Para factores a maximizar

$$E_{ji} \text{ práctico} = \begin{cases} 1 & \text{si } E_{ji}(\text{real}) \geq E_{ji}(\text{plan}) \\ E_{ji}(\text{real}) / E_{ji}(\text{plan}) & \text{si } E_{ji}(\text{real}) < E_{ji}(\text{plan}). \end{cases} \quad [2.18]$$

Para factores a minimizar

$$E_{ji} \text{ práctico} = \begin{cases} 1 - \left[ \frac{E_{ji}(\text{real}) - E_{ji}(\text{plan})}{10^K} \right] & \text{si } E_{ji}(\text{real}) \geq E_{ji}(\text{plan}) \\ 1 & \text{si } E_{ji}(\text{real}) < E_{ji}(\text{plan}) \end{cases} \quad [4]$$

donde:

NDPA: Nivel de Desempeño de los procesos del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento.

$W_j$ : Importancia relativa del criterio j (obtenido a través del Método AHP).

$C_j$ : Calificación del criterio j.

$W_{ji}$ : Peso relativo del factor i correspondiente al criterio j. Se calculan por el método de AHP.

$C_{ji}$ : Nivel de acercamiento del comportamiento del factor i correspondiente al criterio j a su nivel teórico.

$C_{j\text{-teórico}}$ : Calificación teórica del criterio j. Se determinan usando Métodos de Expertos.

$E_{ji\text{-práctico}}$ : Evaluación real del factor i correspondiente al criterio j.

$E_{ji\text{-teórico}}$ : Evaluación teórica (ideal) del factor i correspondiente al criterio j.

$E_{ji}(\text{real})$ : Valor real del factor i correspondiente al criterio j.

$E_{ji}(\text{plan})$ : Valor plan del factor i correspondiente al criterio j.

$n$ : Cantidad de criterios a utilizar en la evaluación.

$m_j$ : Cantidad de factores correspondientes al criterio j.

$K$ : Cantidad de dígitos enteros de  $E_{ji}(\text{plan})$ .

Tabla 2.3 Criterios para la evaluación de subsistema logístico inverso de aprovisionamiento

Criterios	Factores
Relación consumo-arribo.	Niveles de consumo de cervezas
	Niveles de arribo de envases
Utilización recursos	Aprovechamiento de la capacidad de los medios de transporte
Costo	Costo del transporte

	Costo de los envases por cambio o compra
Efectividad de las decisiones de localización	Niveles de consumo de cerveza
	Costo de inversión o alquiler

*Fuente: Elaboración propia basado en Knudsen González (2005).*

### 2.3. Conclusiones parciales

- 1) El procedimiento propuesto para la contribución a la toma de decisiones para el diseño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento permite desarrollar un proceso de toma de decisiones estructurado, relativamente sencillo y rápido, argumentado científicamente y con una reducción del subjetivismo que está presente en todo este proceso de recuperación de envases de cervezas.
- 2) La inclusión de los niveles de venta de los distintos tipos de cervezas producidas por Cervecería Bucanero S. A en el territorio objeto de estudio, constituye un aspecto novedoso dentro del procedimiento para la contribución a la toma de decisiones para el diseño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento de los envases de vidrio, contribuyendo como análisis de la fuente de consumo de dicho subsistema logístico.
- 3) La comparación establecida entre los niveles de venta y los niveles de arribo ilustran el horizonte de planeación de los distintos procesos del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento, permitiendo conocer hasta que punto pudiera situarse la recogida de envases de vidrio en el territorio objeto de estudio.
- 4) El procedimiento propuesto para la localización con enfoque multiobjetivo de almacenes intermedios permitirá abordar de manera integral dicho problema, posibilitando la valoración de un grupo de alternativas de solución y contribuyendo a la búsqueda de alternativas óptimas al mismo tiempo.
- 5) Se cuenta con una herramienta efectiva y validada para el seguimiento y control de los distintos procesos del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento, la cual permitirá cuantificar el nivel de desempeño del mismo, brindando la posibilidad de tomar decisiones para la mejora continua de dicho subsistema logístico.



*Conclusiones*  
*Conclusiones*



## **CONCLUSIONES GENERALES**

- 1) El estudio bibliográfico realizado en los marcos de la construcción del marco teórico-referencial de la investigación, reveló la no existencia de un procedimiento que abordara de forma integral y detallada las decisiones logísticas referidas al aprovisionamiento para cadenas de suministro inversas. En este sentido, la mayoría de los modelos estudiados abarcan solamente el diseño de Cadenas de Suministro sin abordar procedimientos específicos para el diseño de subsistemas logísticos por separado.
- 2) El procedimiento para la contribución a la toma de decisiones para el diseño del subsistema logístico inverso de aprovisionamiento, constituye el aporte medular de la presente investigación al proceso de perfeccionamiento empresarial, en el sentido de que el mismo, contempla elementos de relevancia científica que permiten el incremento sustancial de la efectividad en las decisiones logísticas para la recuperación de envases.
- 3) La formulación de las decisiones de localización, basadas en paradigmas multicriterios y algoritmos evolutivos, constituye un aporte esencial en la valoración de este tipo de decisión estratégica en Cadenas de Suministro Inversa, permitiendo a su vez abordar las mismas con un enfoque integrador y coherente con las características de las organizaciones que la practiquen.
- 4) Las sucursales pertenecientes a la compañía Almacenes Universales S. A. contarán con una herramienta robusta dirigida a la solución del proceder empírico en las decisiones logísticas referidas a la recuperación de envases de vidrio, requiriendo las mismas de políticas encaminadas a la capacitación de su personal, teniendo en cuenta las complejidades evidenciadas en el desarrollo de dicha herramienta.
- 5) La aplicación del procedimiento propuesto, en la Sucursal Villa Clara de Almacenes Universales S. A., permitió determinar las alternativas efectivas para la recuperación de envases de vidrio de Cervecería Bucanero S. A de acuerdo con los objetivos trazados. De

esta forma se comprobó la hipótesis de investigación al elevarse la efectividad de las decisiones logísticas referidas al aprovisionamiento en la recuperación de dichos envase.



*Recomendaciones*  
*Recomendaciones*



## **RECOMENDACIONES**

1. Hacer extensiva la aplicación del procedimiento propuesto a otras sucursales de la compañía Almacenes Universales S. A.
2. Desarrollar estudios enfocados a la distribución de los envases de vidrio para lograr una planeación integral del subsistema logístico inverso hasta Cervecería Bucanero S. A.
3. Realizar un análisis de factibilidad económica para las decisiones logísticas propuestas en el capítulo 3 de la presente investigación con el objetivo de validar económicamente lo que técnicamente se demostró.
4. Desarrollar planes de capacitación en las sucursales de Almacenes Universales S. A., con el objetivo de mejorar la comprensión del procedimiento propuesto debido a su inminente complejidad.



*Bibliografía*  
*Bibliografía*



## BIBLIOGRAFIA

- 1) Abreu Ledón (2004): Modelo y procedimiento para la toma de decisiones de inversión sobre el equipamiento productivo en empresas manufactureras cubanas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- 2) Acevedo Suárez, J. A., Urquiaga Rodríguez, Ana Julia, Gómez Acosta, Marta. (2001): Gestión de la cadena de suministro. Centro de Estudio Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (LOGESPRO). Ciudad de la Habana.
- 3) Aguilar, J.A. (2001): Subcontración de servicios logísticos. Cuadernos de Logística. Editado por el Instituto de Logística Iberoamericano (ILI) y Marge Desing Editors, SL. Barcelona.
- 4) Akinc, U, Khumawala, B. M. (1977). "An efficient Branch and Bound Algorithm for the Capacitated Warehouse Location Problems", Management Science, Vol. 23, págs. 585-594.
- 5) Alfred Weber, Uber den stanfort der Industrien (Mohr: Tubiteng, 1909).
- 6) Allan E. (1998). "Program Finds New Sites in Multi-Facility Location Problem". Industrial Engineering, págs. 71-74.
- 7) Almeida C., Amarilla N. y Barán B. (2003). Optimización Multiobjetivo en la Planificación de Centrales Telefónicas. XXIX Conferencia Latinoamericana de Informática CLEI2003, La Paz, Bolivia.
- 8) Angulo Rivera, J.C. (S/A): Logística. Consultado en el 03/12/2007 en <http://www.monografias.com>.
- 9) Angulo, J. C (2003): monografías. <http://www.monografias.com>. Revisado en: Marzo de 2007.
- 10) Apple, J. (1972) Materials Handling Systems Design, The Ronald Press Company, EE.UU.
- 11) Armour, G.C, Buffa, E. (1963). A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Location of Facilities , Management Science, Vol. 9, No. 2, pp. 294-309.
- 12) Ballou H. R. (2004). Administración de la Cadena de Suministro. Editorial McGraw Hill. México, págs 545-560.
- 13) Ballou, H.R (1991). La logísticaa empresarial, Control y Planificación. Ediciones Díaz Santos. Madrid.

- 14) Ballou, R. H, Masters, J. M. (1993). "Commercial Software for Locating Warehouse and Other Facilities", *Journal of Business Logistics*, Vol. 14, Núm. 2, págs 71-107.
- 15) Ballou, R. H. (1985). *Business Logistics Management*, 2a. ed. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall), págs. 311-314.
- 16) Balluo, R. H. (1973). "Potencial Error in the Center of Gravity Approach to Facility Location", *Transportation Journal*, págs. 44-49.
- 17) Bender, P, Northoo, W. I. Shapiro, (1981). "Practical Modeling for Resource Management", *Harvard Business Review*, Vol. 59, Núm. 2, págs 163-173.
- 18) Bender, P. (1998). *Logistic System Design. The distribution Handbook*. The Free Press. USA.
- 19) Bowersox, D. J. (1962). "An analytical Approach to Warehouse Location", *Handling & Shippin*, Vol. 2, págs. 17-20.
- 20) Bowersox, D. J. (1979). *Towards Total Logistical Management*. Gower Press. Wentworth.
- 21) Brandeau, M. L, Chiu, S.S. (1989). "An Overview of Representative Problems in Location Research". *Management Science*, Vol. 35, Núm. 6, págs. 645-674.
- 22) Burstall, R. A, Leaver, J. E. (1962). Evaluation of Transport Costs for Alternative Factory Sites -- A Case Study. *R. M. OR*, Vol. 13, No. 4, págs. 345-354 doi:10.2307/3007040.
- 23) Catillo Coto (1999): Estrategia para la localización de plantas generadoras a partir de los RAC. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- 24) Centro Español de Logística (1993). *Diccionario de términos y definiciones logísticas*. España.
- 25) Centro Español de Logística. (2003): *Diccionario de términos y definiciones logísticas*. España.
- 26) Cespón, R, Auxiliadora M (2002). *Administración de la Cadena de Suministros. Manual para estudiantes de la especialidad de Ingeniería Industrial*. Universidad Tecnología Centroamericana UNITEC.
- 27) Christopher, M. (1972): Logistics in its marketing context. In: *European Journal of Marketing* 6(2) (en Ingles).
- 28) Christopher, M (1972). *Business Logistics*. Cronfield School of Management. Managing International Distribution. Cronfield.

- 29) Conejero, H.C, Hernández, R, Cespón R (1998). Logística de la distribución comercial, un enfoque sistémico. Revista Logística Aplicada. Ciudad de la Habana. Cuba.
- 30) Cooper. L. (1968), "An extension of Generalized Weber Problem", Journal of Regional Science, Vol. 8, Núm. 2, págs. 181-197.
- 31) Corominas, A. (1991). Localización y Distribución en Planta. Universidad de Cataluña. España, págs. 3-10.
- 32) Council of Environmental Quality. (1996): The 25<sup>th</sup> Anniversary Report of Environmental Quality, Loc Cit: <http://ceq.eh.doe.gov/reports.htm>.
- 33) CSCMP (2006). *Supply Chain and Logistics Terms and Glossary. Council of Supply Chain Management Professional*. En <http://www.cscmp.org/Downloads/Resources/glossary03.pdf>.
- 34) Daduna, J.R. (2004): Distributions logistik. (Spinger) Berlín et al. (en proceso / en Alemán).
- 35) García Olivares, A. A. (2006). Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa, Edición electrónica gratuita. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2006a/](http://www.eumed.net/libros/2006a/)
- 36) Geoffrion, M, Graves, G. W. (1974). "Multi-commodity Distribution System Design by Benders Decomposition", Management Science, Vol. 20, Núm. 5, págs 822-844.
- 37) Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. The Economic Journal 39: 41-57.
- 38) Hotelling, H. (1929). "Applications of the Theory of Error to the Interpretation of Trends", mit H. Working, Journal of ASA.
- 39) Ireson, G. W, Resnikoff, G.J. (1952). Sampling Tables for Variables Inspection Based on the Range. EE.UU.
- 40) Ireson, G. W. (1952). Sampling Tables for Inspection by Variables. EE.UU.
- 41) Isard, W, et al. (1960). Methods of Regional Science. Nueva York: John Wiley & Sons.
- 42) Isard, W. (1956). General Theory: Social, Political, Economic, and Regional with Particular Reference to Decision-Making Analysis. M.I.T.
- 43) Isard, W. (1960). Location and Space Economy. Cambridge.
- 44) Karrenbaver, J. J, Graves, G. W. (1989). "Integrate Logistics Systems Design", en: James et al. Master y Cynthia. Coykendale, "Logistics Education and Research: A Global Perspective", Proceeding of the Eighteenth Annual Transportation and Logistics Educator Conference. St. Louis, págs. 142-171.

- 45) Knudsen González, J.A. (2005): Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en ciencias técnicas .UCLV, Santa Clara.
- 46) Krikke, Harold, Le Blanc, Ieke, Van de Velde, Steff. (2003): Creating value from returns, Center Applied Research working paper no. 2003-02.
- 47) Lalonde, B.J, Grabner, J.R. (1971): New dimensions in integrated distribution management. En: Freight Management, July 1971 (en Ingles).
- 48) Lee, S. M, Luebbe, R.L. (1987). "The Multi-Criteria Warehouse Location Problem Revisited", International Journal of Physical Distributios and Material's Management, Vol. 17, Núm. 3, págs. 56-59.
- 49) Lösch, A. (1954). The Economics of Location, 2nd edn., trans W. H. Woglom with the assistance of W. F. Stolper (New Haven, CT,).
- 50) Love, R. F. (1976). "One-Dimensional Facility Location-Allocation Using Dynamic Programming", Management Science, Vol. 23, Núm. 6, págs 614-617.
- 51) Magee, JF (1968). Industrial Logistics. Management, Michigan State University, pp 3,4,5,6
- 52) Mansfield, E, Wein, H.H. (1958). "A Study of Decision-Making within the Firm". *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 72, No. 4, págs. 515-536 doi:10.2307/1884334.
- 53) Marrero Delgado, F. (2001). Procedimiento para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y tiro de la caña de azúcar. Aplicaciones en la provincia Villa Clara Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.
- 54) Miehle, Samuel H. (1958), "A linear Approximation Method for solving a Facility Problem". Management Science, Vol. 12, pág. 560-570.
- 55) Moses, L. (1958). "Location and the Theory of Production," Quarterly Journal of Economics 72259-72.
- 56) Pérez Pérez, A, Rodríguez Badel, M.A, Sabría Miracle, F. (2003): Logística inversa. Editado por Logis Book, de la colección "GESTIONA", Barcelona.
- 57) PILOT (2004). Folleto de Inscripción. [En Línea]: En [www.logispilot.com](http://www.logispilot.com) (Consulta 4 Febrero 2007).

- 58) Rapp, F. (1962), "A Determination of the Optimum Location in Communication Problem". Management Science, Vol. 4, No. 3, págs. 463-501.
- 59) Rogers & Tibben, L. (1998): Going backwards. Reverse logistics trends and practices, Reno, Nevada University, Reverse Logistics Executive Council.
- 60) Santos Norton, María Lilia. (1996). Concepción de un enfoque en sistema para la gestión de los aprovisionamientos. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Código 658.785 San C.
- 61) Santos, Norton, M.L. (2000): La Logística – Vías que contribuyen al desarrollo de la economía cubana. Facultad de Ingeniería industrial del ISPJAE, Ciudad de la Habana.
- 62) Smithies, A. (1941). Optimum Location in Spatial Competition. The Journal of Political Economy 49, 3: 423-39.
- 63) Stock, J.R (2001a). Avoiding the Seven Deadly Sins of Reverse Logistics. University of South Florida, p.7
- 64) Stock, J.R. (1992): Reverse Logistics, CLM, Oak brook, IL.
- 65) Stock, James. (2001b): The 7 Deadly Sins of Reverse Logistics. Material Handling Management, March.
- 66) Stock, Lambert, Ellrom (1990). *21st Century Logistics: Making supply chain integration a reality*, Council of Logistics
- 67) Tompkins, J. A. (2000). *No boundaries. Moving Beyond SCM*. Tompkins Press. North Carolina, USA.
- 68) Torres Gemeil, M, Daduna, J.R, Mederos Cabrera, B, Martínez Rodríguez, J.M. (2003): introducción de la Logística de la Distribución. Monografía editada por la Universidad de Pinar del Río y el Grupo Consultor de Logística (GCL) del Centro de Investigación y Desarrollo del Comercio Interior (CID- CI). Pinar del Río.
- 69) Torres Gemeil, M. et al. (2003). Logística. Temas Seleccionados. Tomo I. Primera Edición. Editorial Feijoo. Ciudad de la Habana.
- 70) Torres Gemeil, M., Conejero González, H.C. (2001): Mejoramiento continuo en logística de almacenes en el periodo 1989- 1999 en Cuba. Premio anual de Innovación Tecnológica del CITMA. Ciudad de la Habana.

- 71) Torres, Leandro D. (2005). Logística de Mantenimiento, Editorial Instituto Universitario Aeronáutico, Argentina.
- 72) Uhia A.S (2005). Director de consultora logistics Management. Council of Supply Chain Management Professional. Logistic Definition.
- 73) Valinsky, D. (1955). "A Determination of the Optimum Location of Fire-Fighting Units in New York City". *Journal of the Operations Research Society of America*, Vol. 3, No. 4, págs. 494-512.
- 74) Velásquez Albiol, P. (2005). Logística del proceso de Almacenamiento. La Habana-Cuba
- 75) Versan, R. Greek, T, P. (1962), "A Determination of the Optimum Location of Waste-Material in New York City". *Journal of the Operations Research Society of America*, Vol. 4, No. 3, págs. 454-522.
- 76) Wesolowsky, G. Love, R.F. (1972), "A nolinear Approximation Method for solving a Generalized Rectangular Distance Weber Problem". *Management Science*, Vol. 18, págs. 656-663.
- 77) Young, W. (1963). Optimum Location in Track Checking Stations. *The Journal of Political Economy* 59, 6: 473-499.
- 78) Zitzler E., Laumanns M., y Thiele L.: SPEA 2: Improving The Strength Pareto Evolutionary Algorithms, Technical Report 103, Computer Engineering and Networks Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology. Zurich, Switzerland, Mayo 2001.



*Anexos*  
*Anexos*

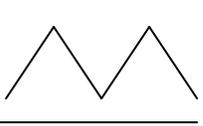


**Anexo 1: Comparación de los criterios para el diseño de un sistema logístico o de una cadena de suministro**

Autor	Aspectos	
	Positivos	Negativos
Gómez Acosta & Acevedo Suárez, 2001 a	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Se logra un diseño integrado por recursos y actividades.</li> <li>✚ La integración garantiza el menor costo total posible con el máximo nivel de servicio al cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No tiene declarada la secuencia en que deben ser diseñados los recursos y las actividades.</li> </ul>
Bender [1998]; Blanchard [2000]	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Toma como premisa un diseño y desarrollo integral y ordenado de la logística en la organización objeto de estudio.</li> <li>✚ La integración garantiza el menor costo total posible con el máximo nivel de servicio al cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No incluye los elementos de la integración organizativa relacionados con: las alianzas, los miembros y los procesos que integran la cadena.</li> </ul>
Tompkins [2000]	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Tendencia hacia el diseño de las actividades claves de la logística.</li> <li>✚ Incluye elementos de la gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No incluye los elementos de la integración organizativa relacionados con: las alianzas, los miembros y los procesos que integran la cadena.</li> </ul>
Acevedo Suárez et al. [2001]	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Orientación al diseño organizativo general.</li> <li>✚ Permite la integración de procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No declara el seguimiento y control de la cadena.</li> </ul>

Fuente: [Knudsen Gonzáles, 2005].

2. Anexo 2: Casos posibles para la determinación de los niveles de consumo a través de modelos de pronósticos

3. Caso	4. Gráfico	5. Solución
1. Tendencia constante y no existencia de componente estacional.	6. 	7. $Y_t = T_t + i_t$ 8. $T_t = B_0 = \frac{\sum Y_t}{n}$
2. Tendencia lineal y no existencia de componente estacional.	9. 	10. $Y_t = T_t + i_t$ 11. $T_t = B_0 + B_1 * t$ 12. $\widetilde{B}_1 = b_1 = \frac{12 + \sum (t * Y_t) - 6(n+1) \sum Y_t}{(n-1)(n)(n+1)}$ 13. $B_0 = \frac{\sum Y_t}{n} - b_1 \frac{(n+1)}{2}$
3. Tendencia constante y existencia de estacionalidad.	14. 	15. $Y_t = T_t * E_t + i_t$ 16. $T_t = B_0 = \frac{\sum Y_t}{n}$ 17. $E_i = E_{i+p} = \frac{T_i * Y_i + T_{i+p} * Y_{i+p}}{T_i^2 + T_{i+p}^2}$
4. Tendencia lineal y existencia de estacionalidad.	18. 	19. $Y_t = T_t * E_t + i_t$ 20. $T_t = B_0 + B_1$ 21. $\widetilde{B}_1 = b_1 = \frac{12 + \sum (t * Y_t) - 6(n+1) \sum Y_t}{(n-1)(n)(n+1)}$ 22. $B_0 = \frac{\sum Y_t}{n} - b_1 \frac{(n+1)}{2}$ 23. $E_i = E_{i+p} = \frac{T_i * Y_i + T_{i+p} * Y_{i+p}}{T_i^2 + T_{i+p}^2}$ 24.

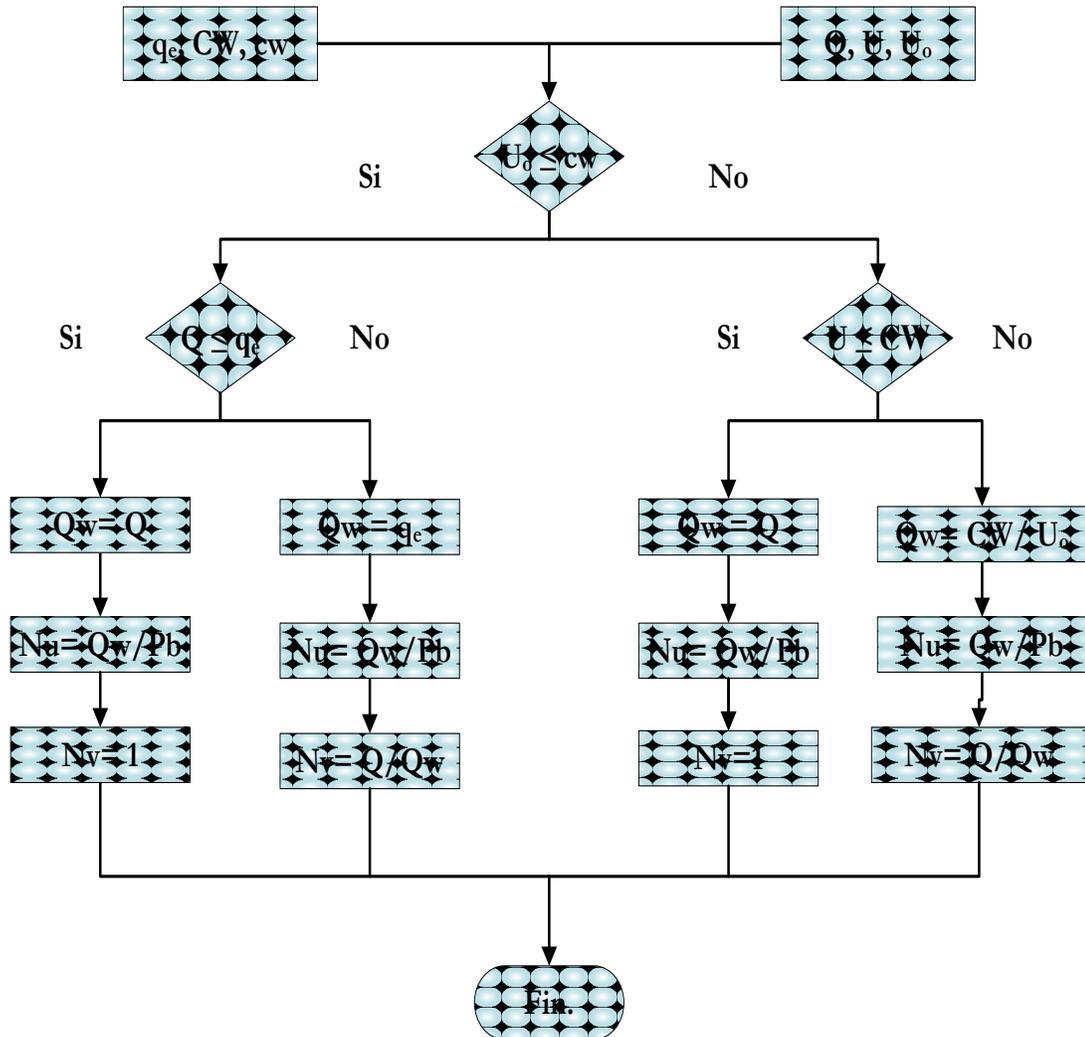
25. Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 1: Comparación de los criterios para el diseño de un sistema logístico o de una cadena de suministro.**

Autor	Aspectos	
	Positivos	Negativos
Gómez Acosta & Acevedo Suárez, 2001 a	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Se logra un diseño integrado por recursos y actividades.</li> <li>✚ La integración garantiza el menor costo total posible con el máximo nivel de servicio al cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No tiene declarada la secuencia en que deben ser diseñados los recursos y las actividades.</li> </ul>
Bender [1998]; Blanchard [2000]	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Toma como premisa un diseño y desarrollo integral y ordenado de la logística en la organización objeto de estudio.</li> <li>✚ La integración garantiza el menor costo total posible con el máximo nivel de servicio al cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No incluye los elementos de la integración organizativa relacionados con: las alianzas, los miembros y los procesos que integran la cadena.</li> </ul>
Tompkins [2000]	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Tendencia hacia el diseño de las actividades claves de la logística.</li> <li>✚ Incluye elementos de la gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No incluye los elementos de la integración organizativa relacionados con: las alianzas, los miembros y los procesos que integran la cadena.</li> </ul>
Acevedo Suárez et al. [2001]	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Orientación al diseño organizativo general.</li> <li>✚ Permite la integración de procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No declara el seguimiento y control de la cadena.</li> </ul>

Fuente: [Knudsen González, 2005].

Anexo 1: Procedimiento para la determinación de los medios de transporte.



Anexo 3: Tabla de los niveles de venta diaria en la provincia de Villa Clara de las diferentes cervezas producidas por Cervecería Bucanero S. A.

Niveles de ventas conjunta de las unidades representativas.

Días.	Niveles de ventas.	Días	Niveles de ventas.
1	562	29	591
2	706	30	562
3	495	31	497
4	507	32	532
5	676	33	664
6	549	34	554
7	631	35	676
8	526	36	594
9	523	37	491
10	708	38	509
11	589	39	682
12	657	40	657
13	509	41	589
14	491	42	708
15	594	43	523
16	676	44	526
17	559	45	631
18	664	46	549
19	532	47	676
20	497	48	507
21	562	49	495
22	591	50	706
23	616	51	562
24	554	52	546
25	682	53	582
26	707	54	686
27	556	55	575
28	616	56	624

*Anexo 3: Continuación.*

57	641	89	593
58	493	90	512

59	625	91	533
60	606	92	688
61	622	93	579
62	595	94	658
63	703	95	511
64	659	96	586
65	625	97	625
66	558	98	646
67	663	99	582
68	635	100	663
69	611	101	525
70	521	102	541
71	423	103	674
72	735	104	608
73	555	105	678
74	607	106	688
75	498	107	508
76	594	108	548
77	512	109	695
78	692	110	627
79	516	111	635
80	669	112	665
81	479	113	655
82	534	114	571
83	705	115	677
84	466	116	699
85	725	117	563
86	696	118	627
87	654	119	677
88	644	120	592

*Anexo 3: Continuación.*

121	632	152	685
-----	-----	-----	-----

122	537	153	576
123	458	154	608
124	541	155	548
125	456	156	645
126	507	157	666
127	673	158	534
128	501	159	667
129	531	160	627
130	618	161	549
131	412	162	502
132	487	163	546
133	687	164	545
134	541	165	584
135	465	166	539
136	711	167	452
137	522	168	532
138	562	169	635
139	773	170	462
140	781	171	571
141	699	172	515
142	495	173	482
143	427	174	494
144	456	175	513
145	488	176	631
146	431	177	462
147	446	178	515
148	641	179	675
149	436	180	447
150	444	181	582
151	668	182	503

*Anexo 3: Continuación.*

183	625	215	666
-----	-----	-----	-----

184	691	216	642
185	654	217	636
186	506	218	605
187	626	219	402
188	573	220	484
189	508	221	646
190	699	222	431
191	474	223	614
192	594	224	534
193	496	225	652
194	587	226	554
195	512	227	478
196	622	228	659
197	643	229	463
198	584	230	533
199	435	231	562
200	472	232	641
201	417	233	448
202	596	234	584
203	608	235	579
204	626	236	471
205	418	237	581
206	634	238	626
207	591	239	521
208	598	240	519
209	657	241	674
210	502	242	672
211	565	243	685
212	483	244	551
213	575	245	545
214	604	246	608

*Anexo 3: Continuación.*

247	621	258	566
248	668	259	657
249	528	260	651
250	665	261	568
251	461	262	488
252	624	263	534
253	455	264	617
254	482	265	642
255	658	266	627
256	575	267	585
257	549		

*Anexo 4: Tabla de los niveles de arribo diario de los distintos envases de vidrio vacío a las entidades de Materias Primas.*

**Niveles de arribo conjunto de las unidades representativas.**

Días.	Niveles de arribo.	Días.	Niveles de arribo.
1	399	29	382
2	336	30	411
3	345	31	255
4	397	32	227
5	425	33	243
6	428	34	271
7	392	35	229
8	368	36	294
9	336	37	223
10	342	38	413
11	277	39	323
12	371	40	274
13	425	41	297
14	269	42	273
15	338	43	283
16	376	44	351
17	315	45	363
18	317	46	211
19	307	47	279
20	417	48	306
21	319	49	343
22	341	50	254
23	271	51	402
24	325	52	239
25	386	53	414
26	359	54	295
27	422	55	429
28	281	56	318

*Anexo 4: Continuación.*

57	322	88	312
58	418	89	203

59	273	90	211
60	285	91	393
61	333	92	371
62	393	93	334
63	312	94	425
64	323	95	235
65	397	96	298
66	332	97	317
67	406	98	405
68	299	99	408
69	424	100	379
70	394	101	285
71	427	102	412
72	386	103	205
73	315	104	356
74	369	105	288
75	346	106	311
76	374	107	404
77	392	108	284
78	371	109	256
79	275	110	223
80	339	111	249
81	421	112	344
82	337	113	402
83	274	114	408
84	317	115	296
85	309	116	324
86	241	117	223
87	326	118	277

*Anexo 4: Continuación.*

119	393	150	257
120	349	151	335

121	378	152	323
122	328	153	225
123	372	154	394
124	282	155	214
125	352	156	255
126	395	157	423
127	289	158	297
128	353	159	304
129	399	160	352
130	273	161	297
131	286	162	285
132	317	163	254
133	306	164	353
134	323	165	319
135	416	166	243
136	356	167	358
137	342	168	319
138	311	169	331
139	315	170	405
140	277	171	326
141	373	172	221
142	401	173	356
143	357	174	206
144	349	175	283
145	279	176	263
146	383	177	254
147	296	178	268
148	282	179	396
149	416	180	308

*Anexo 4: Continuación.*

181	415	212	322
182	277	213	412

183	407	214	342
184	374	215	332
185	228	216	318
186	244	217	294
187	217	218	324
188	322	219	245
189	412	220	328
190	338	221	279
191	303	222	229
192	302	223	336
193	423	224	232
194	281	225	415
195	211	226	208
196	405	227	261
197	335	228	416
198	421	229	335
199	368	230	202
200	313	231	324
201	213	232	279
202	376	233	423
203	365	234	348
204	403	235	244
205	273	236	238
206	298	237	326
207	369	238	221
208	259	239	356
209	339	240	206
210	353	241	283
211	247	242	263

*Anexo 4: Continuación.*

243	254	274	217
244	268	275	413

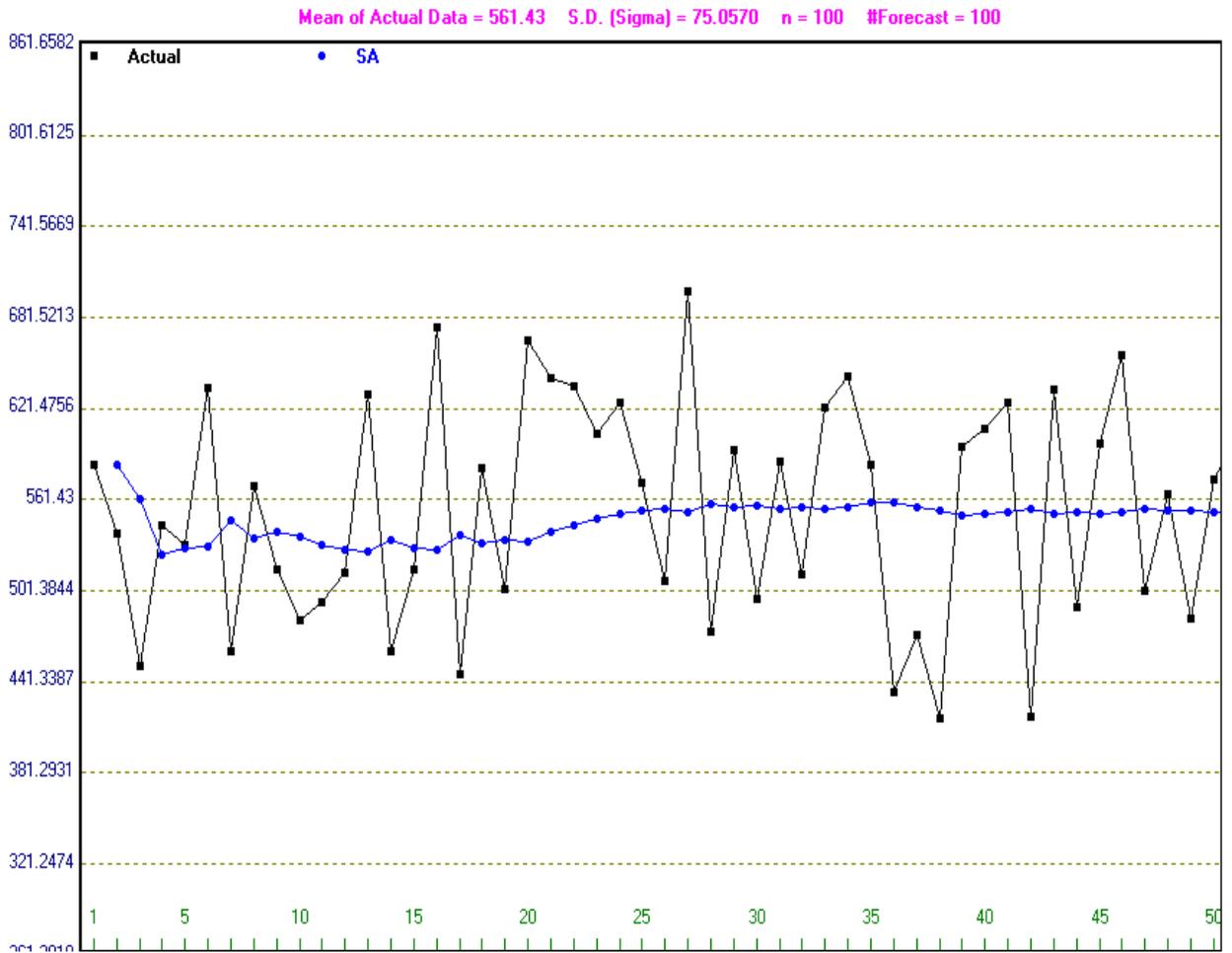
245	396	276	242
246	339	277	281
247	361	278	282
248	321	279	247
249	385	280	248
250	325	281	257
251	263	282	402
252	311	283	214
253	362	284	216
254	346	285	201
255	314	286	212
256	228	287	307
257	248	288	233
258	271	289	288
259	246	290	323
260	422	291	299
261	229	292	367
262	283	293	283
263	255	294	342
264	215	295	239
265	269	296	351
266	364	297	335
267	388	298	242
268	358	299	221
269	243	300	243
270	264	301	345
271	409	302	406
272	376	303	334
273	212	304	405

*Anexo 4: Continuación.*

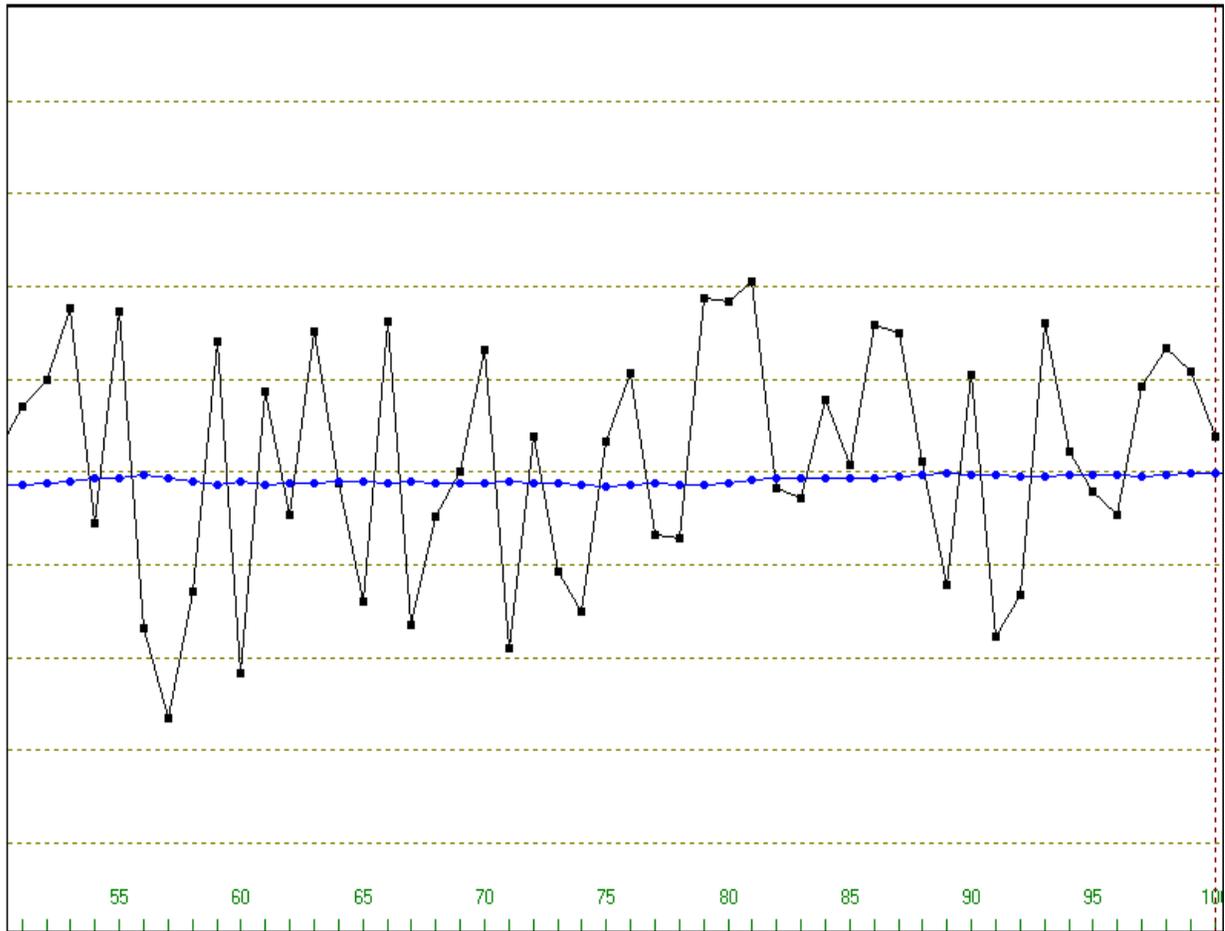
305	428	315	241
306	248	316	276

307	258	317	321
308	268	318	289
309	402	319	212
310	249	320	396
311	257	321	238
312	363	322	369
313	369	323	325
314	294		

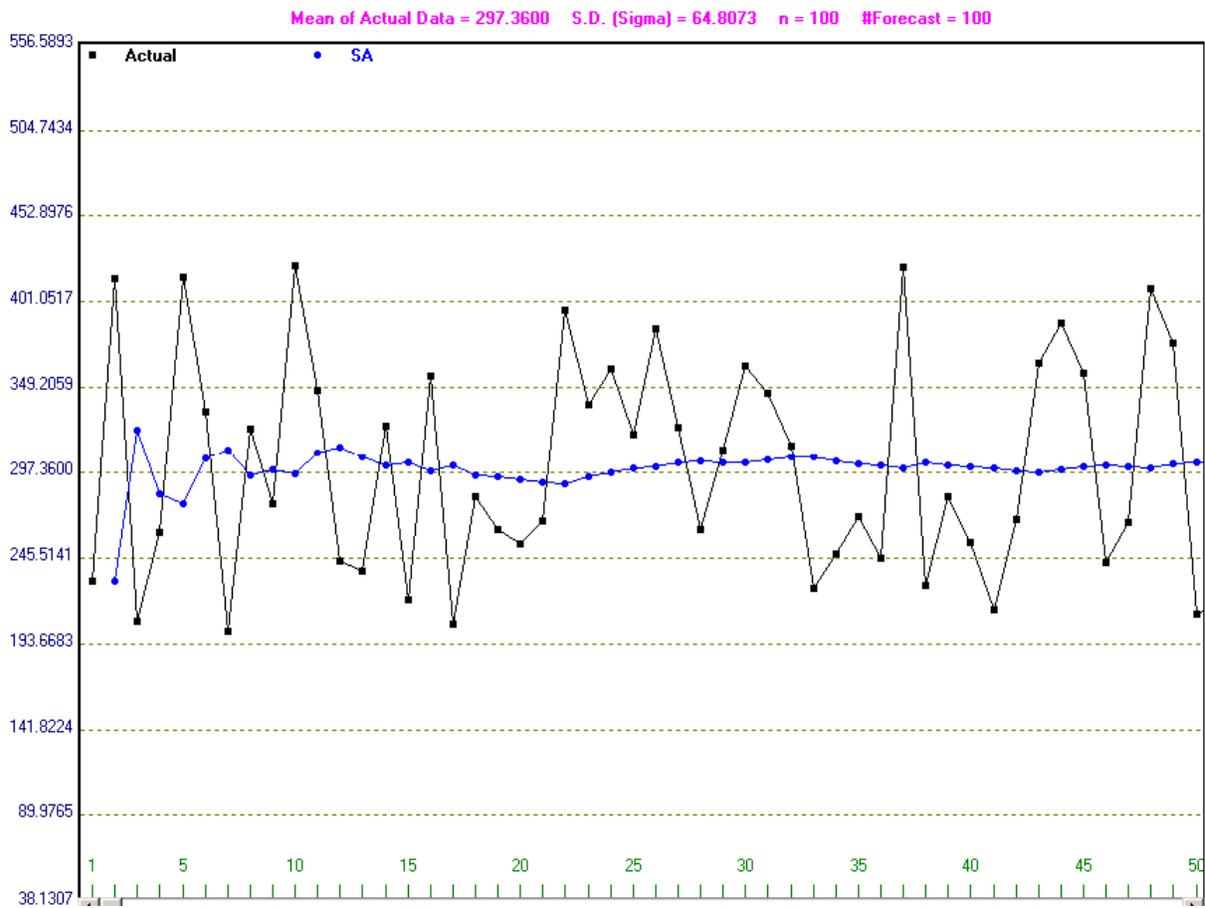
Anexo 5: Gráfico del comportamiento de los niveles de venta en la provincia de Villa Clara de las diferentes cervezas producidas por Cervecería Bucanero S. A.



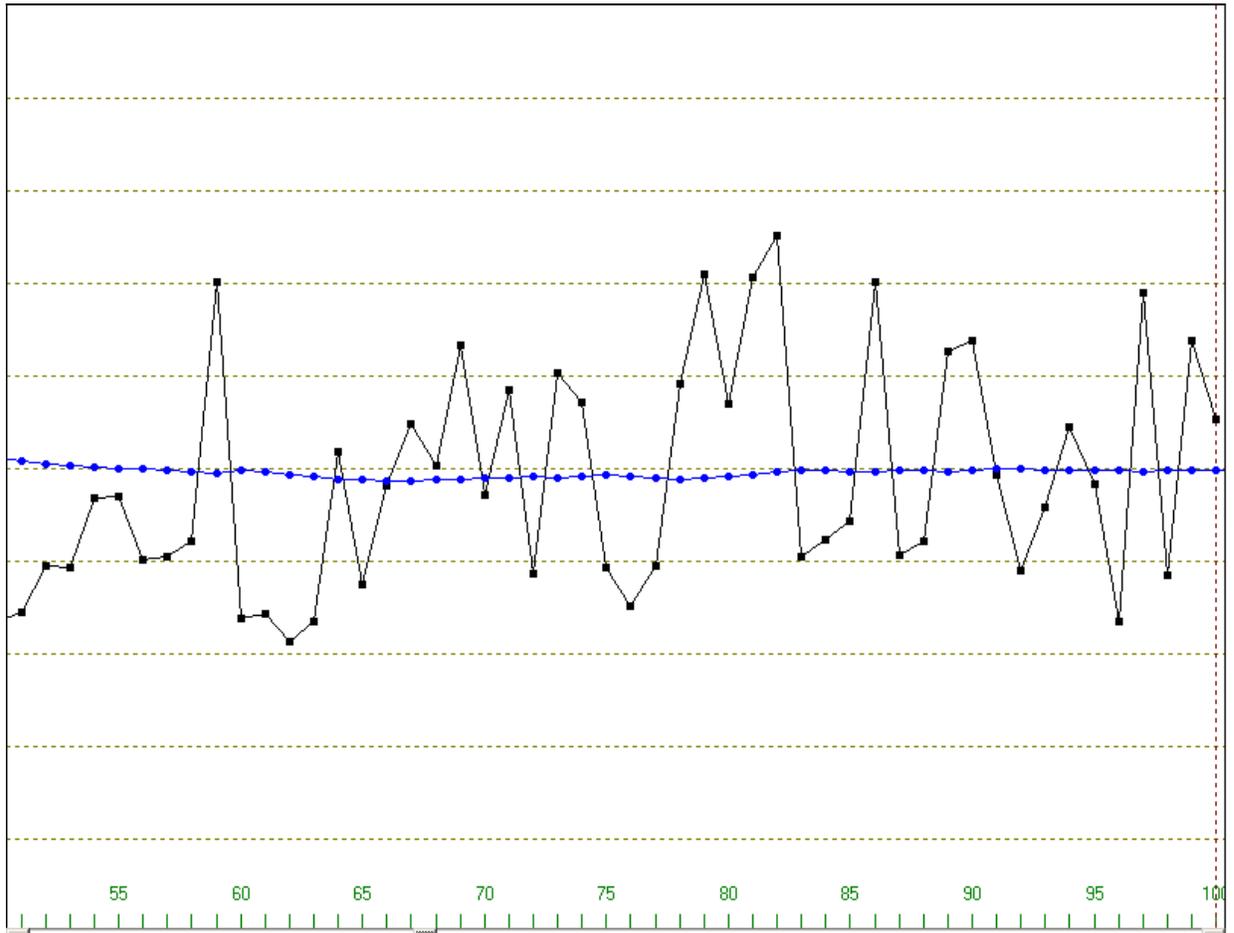
Anexo 5: Continuación.



Anexo 6: Gráfico del comportamiento de los niveles de arribo de los distintos envases de vidrio vacío a las Entidades de Materias Primas.

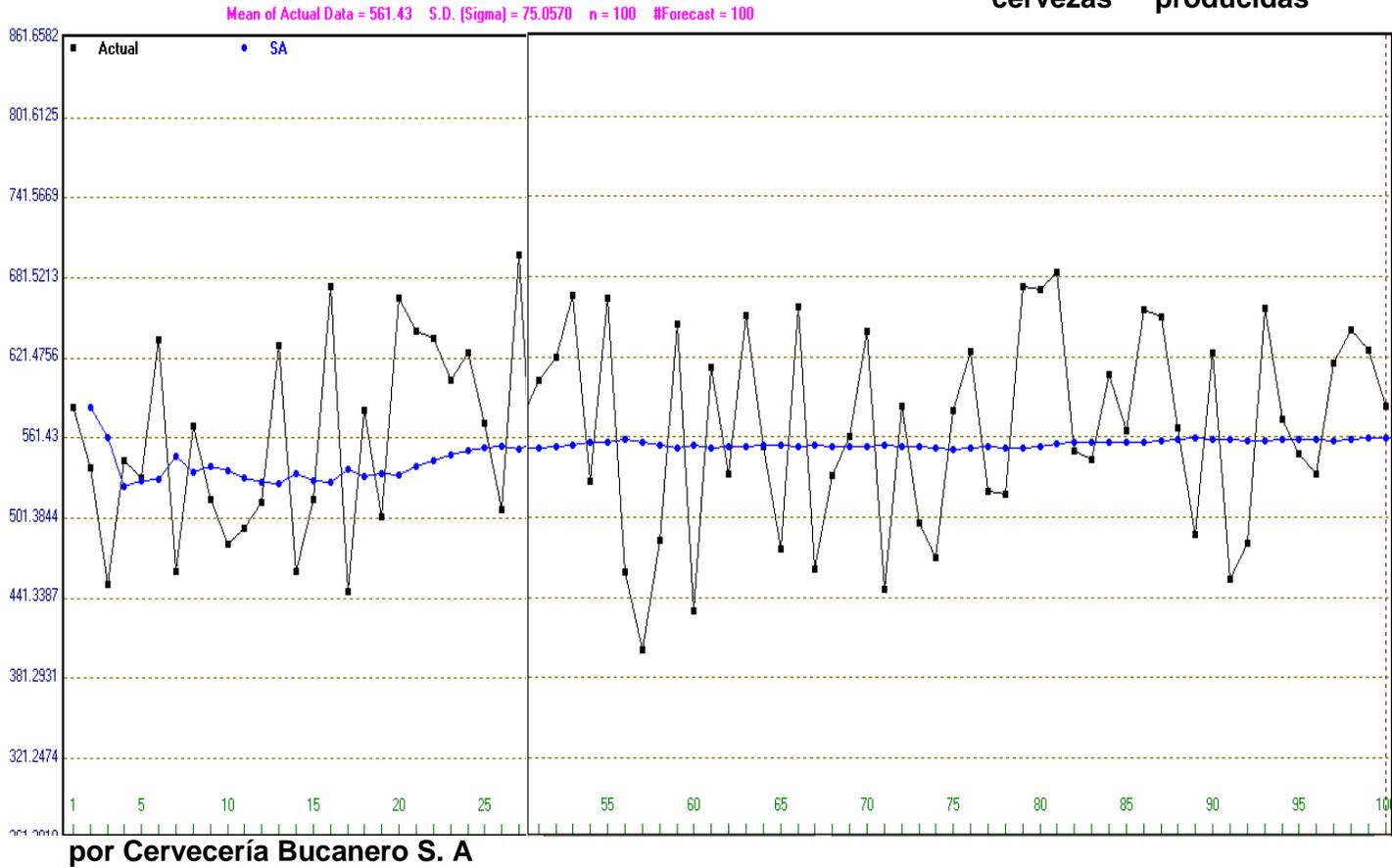


Anexo 6: Continuación.



Anexo 7: Contrato de Almacenes Universales S. A. con Cervecería Bucanero S. A.

Anexo 7: Gráfico del comportamiento de los niveles de venta en la provincia de Villa Clara de las diferentes cervezas producidas



**Anexo 8: Niveles de arribos diarios de envases de vidrio a las entidades de Materias  
Primas Villa Clara**

<b>Niveles de consumo conjunto de las entidades de CB. SA. Villa Cara.</b>							
<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>	<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>	<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>	<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>
1	399	28	281	55	429	82	337
2	336	29	382	56	318	83	274
3	345	30	411	57	322	84	317
4	397	31	255	58	418	85	309
5	425	32	227	59	273	86	241
6	428	33	243	60	285	87	326
7	392	34	271	61	333	88	312
8	368	35	229	62	393	89	203
9	336	36	294	63	312	90	211
10	342	37	223	64	323	91	393
11	277	38	413	65	397	92	371
12	371	39	323	66	332	93	334
13	425	40	274	67	406	94	425
14	269	41	297	68	299	95	235
15	338	42	273	69	424	96	298
16	376	43	283	70	394	97	317
17	315	44	351	71	427	98	405
18	317	45	363	72	386	99	408
19	307	46	211	73	315	100	379
20	417	47	279	74	369	101	285
21	319	48	306	75	346	102	412

22	341	49	343	76	374	103	205
23	271	50	254	77	392	104	356
24	325	51	402	78	371	105	288
25	386	52	239	79	275	106	311
26	359	53	414	80	339	107	404
27	422	54	295	81	421	108	284
<b>Niveles de consumo conjunto de las entidades de CB. SA. Villa Cara.</b>							
<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>	<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>	<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>	<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>
109	256	136	356	163	254	190	338
110	223	137	342	164	353	191	303
111	249	138	311	165	319	192	302
112	344	139	315	166	243	193	423
113	402	140	277	167	358	194	281
114	408	141	373	168	319	195	211
115	296	142	401	169	331	196	405
116	324	143	357	170	405	197	335
117	223	144	349	171	326	198	421
118	277	145	279	172	221	199	368
119	393	146	383	173	356	200	313
120	349	147	296	174	206	201	213
121	378	148	282	175	283	202	376
122	328	149	416	176	263	203	365
123	372	150	257	177	254	204	403
124	282	151	335	178	268	205	273
125	352	152	323	179	396	206	298

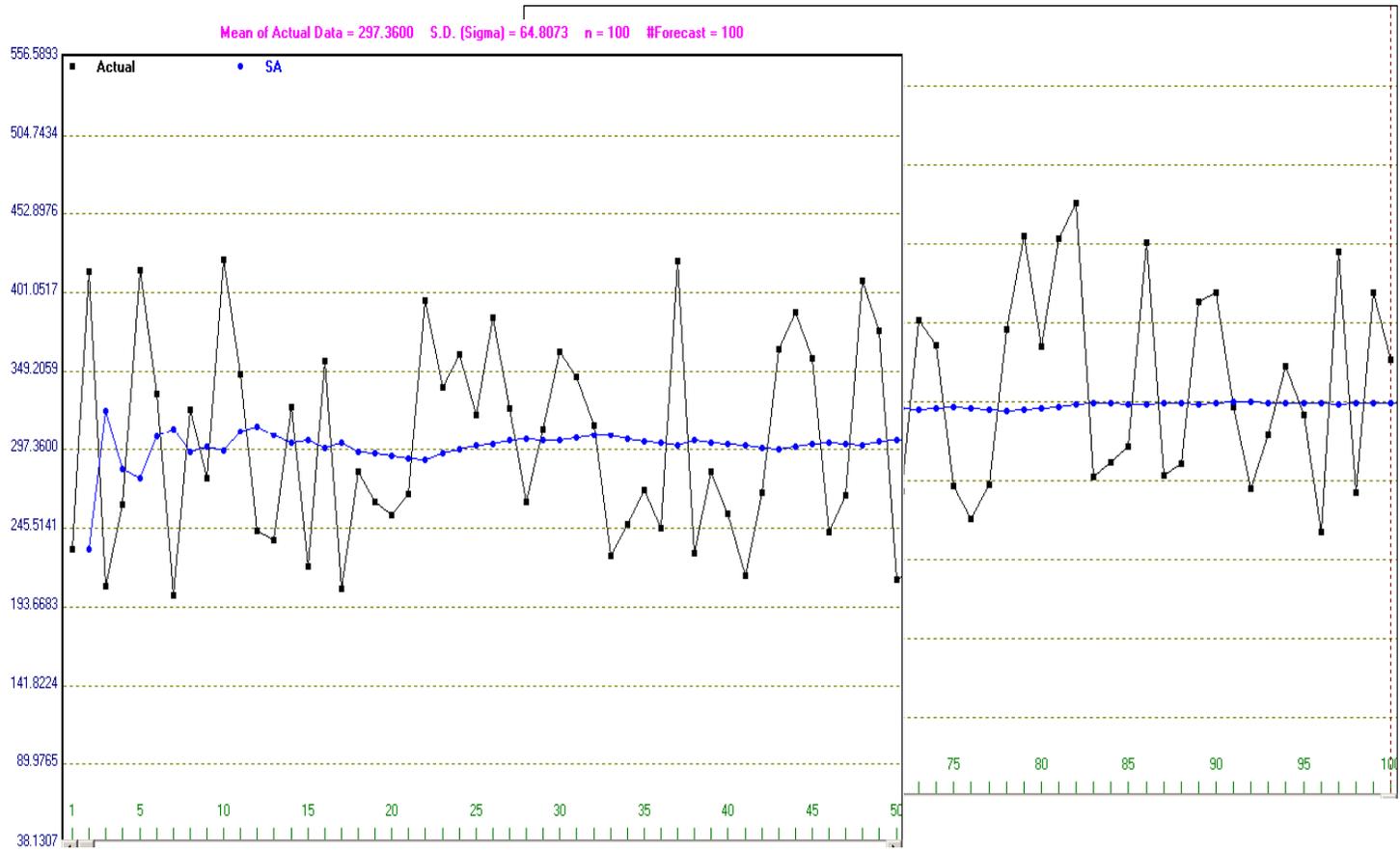
126	395	153	225	180	308	207	369
127	289	154	394	181	415	208	259
128	353	155	214	182	277	209	339
129	399	156	255	183	407	210	353
130	273	157	423	184	374	211	247
131	286	158	297	185	228	212	322
132	317	159	304	186	244	213	412
133	306	160	352	187	217	214	342
134	323	161	297	188	322	215	332
135	416	162	285	189	412	216	318

<b>Días</b>	<b>Niveles de consumo</b>						
217	294	244	268	272	376	299	221
218	324	245	396	273	212	300	243
219	245	246	339	274	217	301	345
220	328	247	361	275	413	302	406
221	279	248	321	276	242	303	334
222	229	249	385	277	281	304	405
223	336	250	325	278	282	305	428
224	232	251	263	279	247	306	248
225	415	252	311	280	248	307	258
226	208	253	362	281	257	308	268
227	261	254	346	282	402	309	402
228	416	255	314	283	214	310	249

229	335	256	228	284	216	311	257
230	202	258	248	285	201	312	363
231	324	259	271	286	212	313	369
232	279	260	246	287	307	314	294
233	423	261	422	288	233	315	241
234	348	262	229	289	288	316	276
235	244	263	283	290	323	317	321
236	238	264	255	291	299	318	289
237	326	265	215	292	367	319	212
238	221	266	269	293	283	320	396
239	356	267	364	294	342	321	238
240	206	268	388	295	239	322	369
241	283	269	358	296	351	323	325
242	263	270	243	297	335		
243	254	271	264	298	242		

Fuente: Materias Primas Villa Clara.

## Anexo 9: Gráfico del comportamiento de los niveles de arribo de envase de vidrio en la provincia de Villa Clara



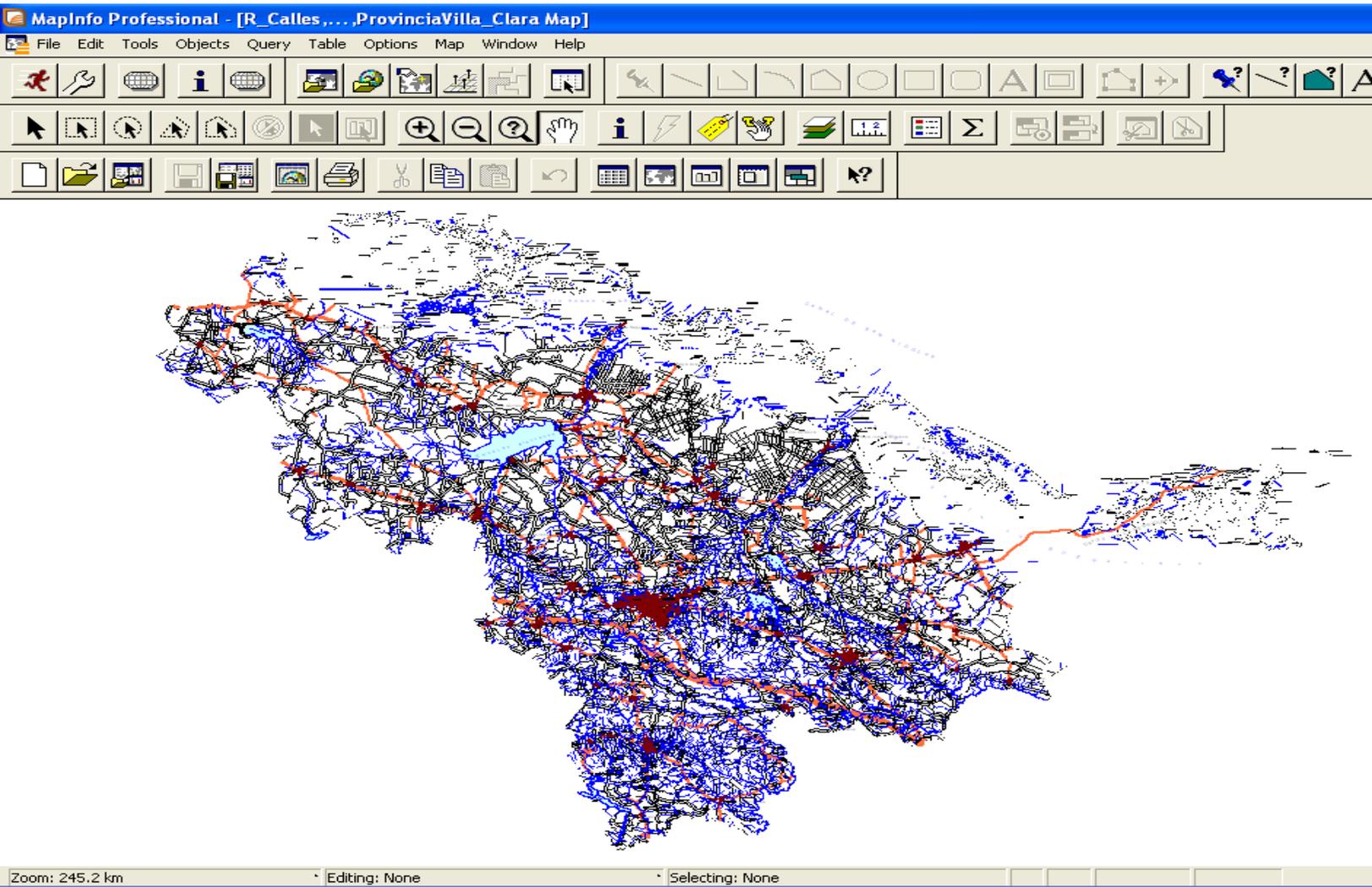
Anexo 10: Representación geográfica de las celdas para la determinación de la



localización con enfoque multiobjetivo.

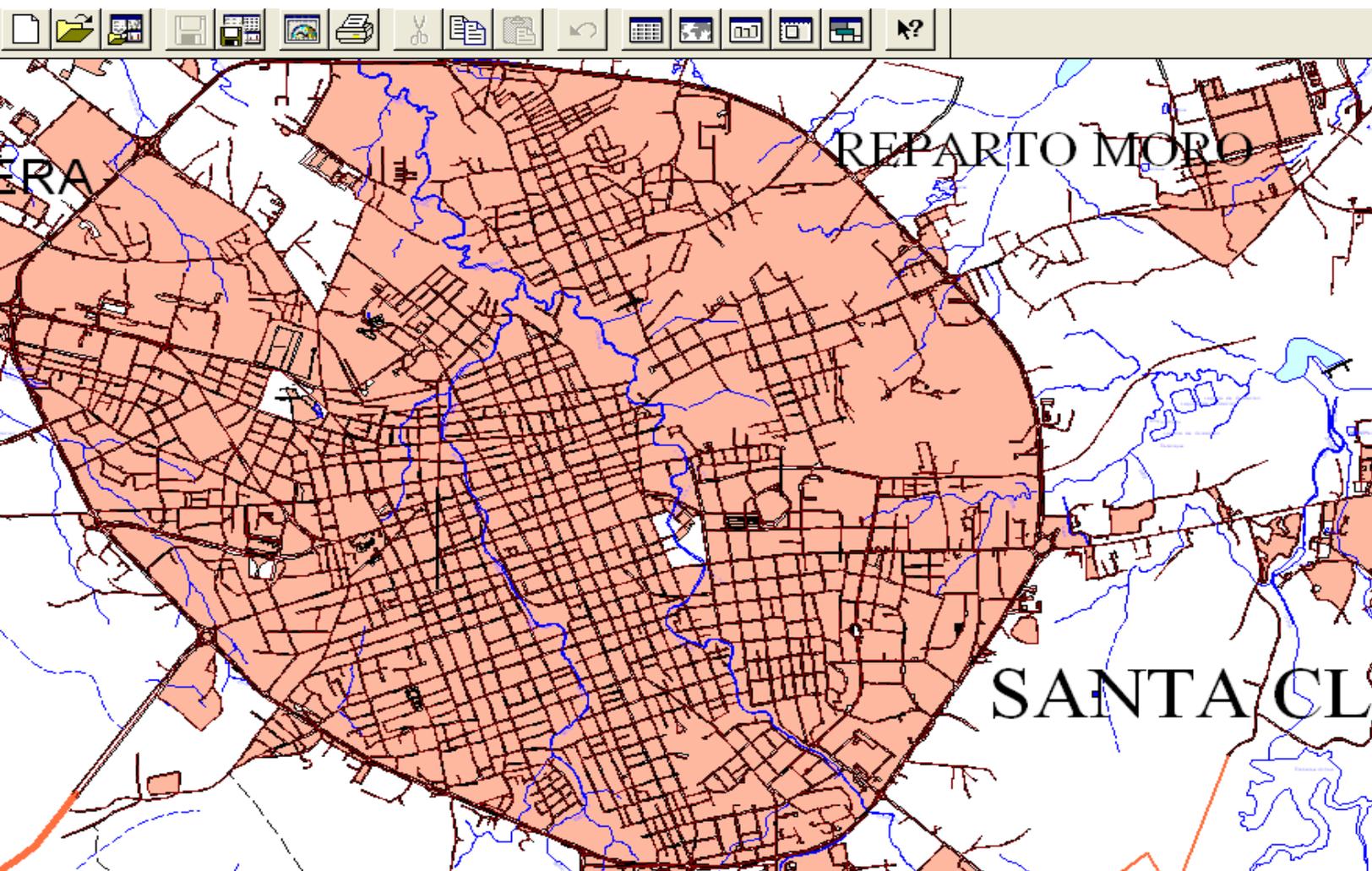
Fuente: Elaboración propia

## Anexo 11: Interfaz software MapInfo Professional



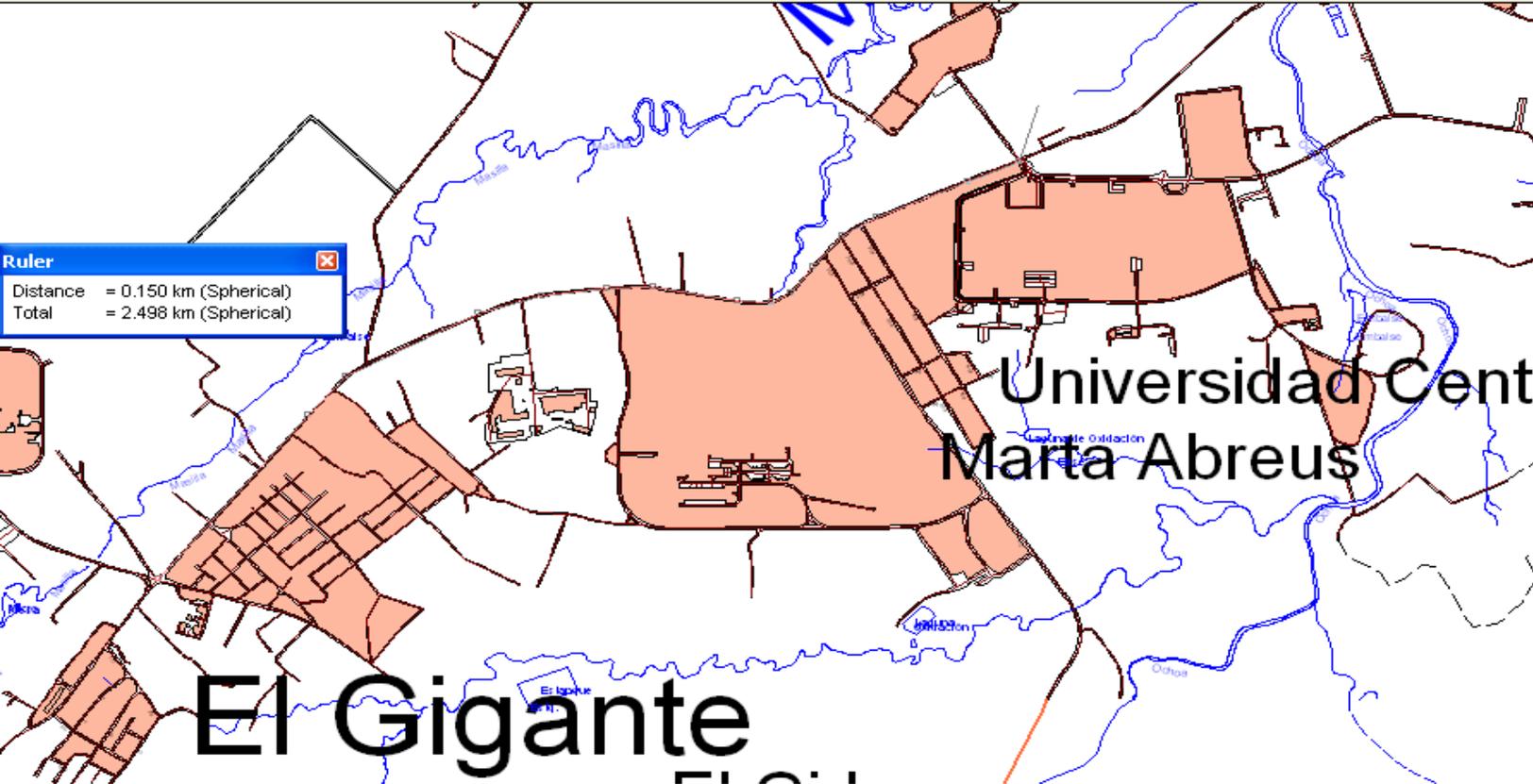
**Fuente: Geocuba Villa Clara.**

Anexo 12: Interfaz de acercamiento del MapInfo Professional



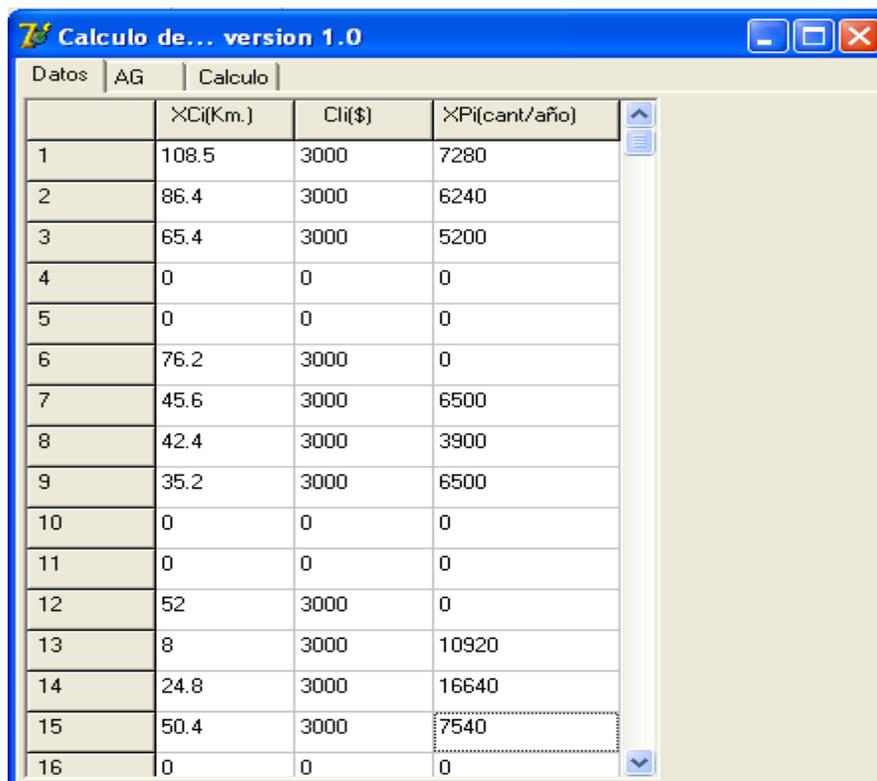
Fuente: Geocuba Villa Clara.

Anexo 13: Representación del cálculo de la distancia a partir de *MapInfo Professional*



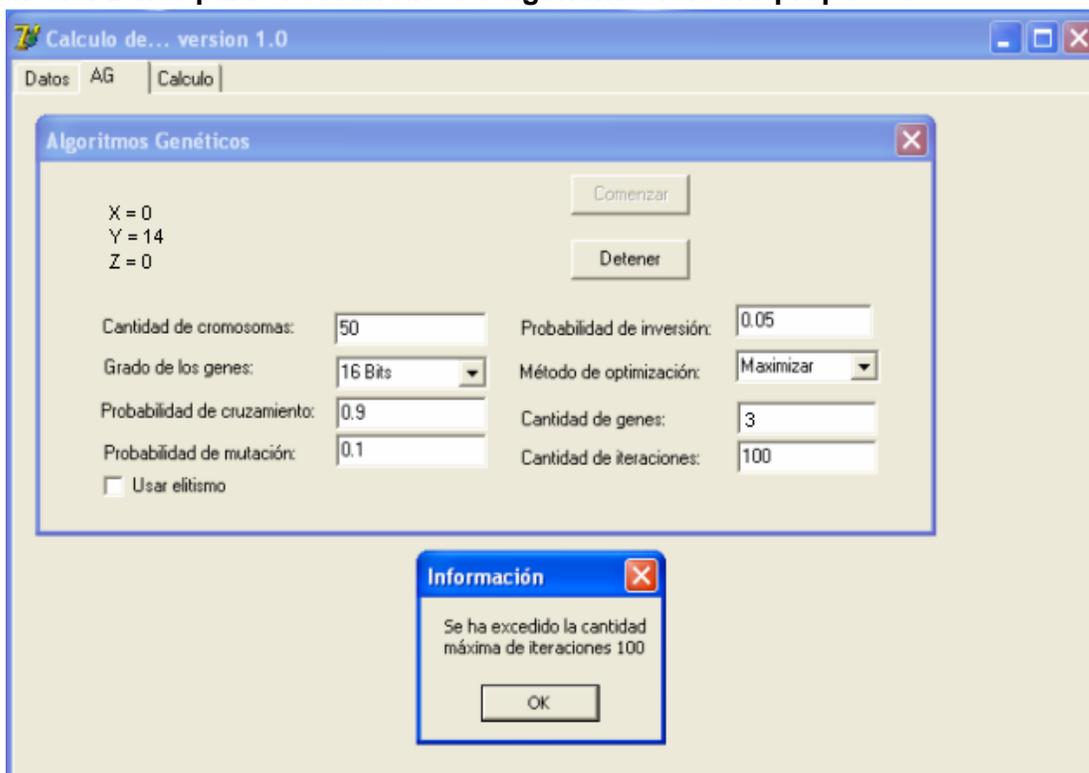
Fuente: Geocuba Villa Clara.

## Anexo 14: Interfaz del software desarrollado para el cálculo del algoritmo evolutivo propuesto



	XCi(Km.)	Ci(\$)	XPi(cant/año)
1	108.5	3000	7280
2	86.4	3000	6240
3	65.4	3000	5200
4	0	0	0
5	0	0	0
6	76.2	3000	0
7	45.6	3000	6500
8	42.4	3000	3900
9	35.2	3000	6500
10	0	0	0
11	0	0	0
12	52	3000	0
13	8	3000	10920
14	24.8	3000	16640
15	50.4	3000	7540
16	0	0	0

## Anexo 15: Datos para el desarrollo del algoritmo evolutivo propuesto



**Algoritmos Genéticos**

X = 0  
Y = 14  
Z = 0

Comenzar

Detener

Cantidad de cromosomas: 50      Probabilidad de inversión: 0.05

Grado de los genes: 16 Bits      Método de optimización: Maximizar

Probabilidad de cruzamiento: 0.9      Cantidad de genes: 3

Probabilidad de mutación: 0.1      Cantidad de iteraciones: 100

Usar elitismo

**Información**

Se ha excedido la cantidad máxima de iteraciones 100

OK

Datos de las distintas Celdas o cuadrícula en área de estudio					
Celdas	C.F	C.C	$X_{Ci}$ (Km.)	$C_{ii}$ (\\$)	$X_{Pi}$ (cant/año)
1	1	1	108.5	3000	7280
2	1	2	86.4	3000	6240
3	1	3	65.4	3000	5200
4	<b>Fueron celdas excluidas por algún motivo</b>				
5					
6	2	1	76.2	3000	0
7	2	2	45.6	3000	6500
8	2	3	42.4	3000	3900
9	2	4	35.2	3000	6500
10	<b>Fueron celdas excluidas por algún motivo</b>				
11					
12	3	2	52	3000	0
13	3	3	8	3000	10920
14	3	4	24.8	3000	16640
15	3	5	50.4	3000	7540
16	<b>Fueron celdas excluidas por algún motivo</b>				
17					
18	4	3	20.8	3000	6240
19	4	4	21.6	3000	0
20	4	5	60	3000	3120
21	<b>Fueron celdas excluidas por algún motivo</b>				
22					
23	5	3	38.4	3000	4940
24	5	4	39.2	3000	1300
25	5	5	72	3000	0

Fuente: Elaboración Propia.

**Leyenda:**

C.F: Código por fila de la celda.

C.C: Código por columna de la celda.