UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOVIS INPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo

Departamento de ingeniería industrial

Tesis para optar por el título de académico de master en ingeniería industrial

Mención logística

Título: Alternativa de programación de productos elaborados a partir de residuos sólidos en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N 3 de Villa Clara

Autor: Ing. Lázaro Cespón Ríos

Tutor: Dr.C Roberto Cespón Castro

Villa Clara, Cuba.

Empresa Constructora Militar N 3

Enero 2014

Dedicatoria

A mis hijos, esposa, a mis padres y hermanos, familiares y a todos los que han hecho realidad este sueño.

Pensamiento

“La ciencia trata de lo que es, la ingeniería de lo que nunca ha sido”
Van Karmann

Resumen

Resumen

La nueva política económica que se está implementando en Cuba, propone entre otros aspectos, el inicio de actividades de mayor impacto económico con menos recursos, intensificando el reciclaje y aumentando el valor agregado de los productos recuperados. En función de ello, la presente tesis de maestría se centra en desarrollar una alternativa de programación de la producción que permita la elaboración de artículos a partir de la utilización de residuos sólidos a través de un modelo conceptual con un procedimiento específico realizado con estos fines, así como su aplicación en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la empresa Constructora Militar de Villa Clara. Para el desarrollo de la investigación se elabora un marco teórico referencial a partir de un análisis bibliográfico de la temática. Se determinan los parámetros necesarios para el diseño del programa de producción para la fabricación de los nuevos productos, utilizando técnicas de estimación de demanda, secuenciación, determinación del tamaño del lote, observación directa, entrevistas, análisis de documentos y modelos de programación lineal, las cuales contribuyen a dar rigor científico a la investigación. Con la aplicación del procedimiento se demostró que la empresa es capaz de producir cinco nuevos productos a partir de los residuos sólidos obtenidos, utilizando las capacidades disponibles de la producción principal en equipamiento y recursos humanos.

Summary

Summary

The new economic politic being implemented in Cuba, per sues, among others, the beginning of greater economic impact activities with fewer resources, enhancing recycling and increasing the added value of the recovered products. On this basis, the present master thesis focuses on the design of a conceptual model with a specific process for the production of new products from the use of solid waste and its application in Basic Carpentry Aluminum Unit belonging to the Military Construction Company of Villa Clara. To develop this research, a theoretical framework based on a literature review of the subject is proposed. Determine the design parameters required for the production program for the manufacture of new products, using demand estimation techniques, sequencing, lot sizing, direct observation, interviews, document analysis and linear programming models, which contribute to scientific rigor to research. With the application of the procedure is demonstrated that the company is able to produce five new products from the solid residues obtained using the available capacities of the main production equipment and human resources.

Índice

Introducción **1**

Capítulo I. Marco teórico referencial de la investigación **6**

1.1 Introducción **6**
1.2 Logística. Conceptos generales **6**
1.2.1 Actividades claves y de soporte de la logística **9**
1.3 Logística inversa. Conceptos y contenidos **11**
1.4 Estrategias de logística inversa **13**
1.4.1 Estrategias empresariales de la logística inversa **13**
1.4.2 Estrategias territoriales de la logística inversa **15**
1.5 Métodos y herramientas empleadas en la toma de decisiones estratégicas de la logística directa e inversa **17**
1.5.1 Decisiones de demanda **17**
1.5.2 Decisiones de capacidad **21**
1.5.3 Programación de la producción **23**
1.6 Elaboración de productos a partir de residuos sólidos **26**
1.6.1 Elaboración de productos a partir de residuos sólidos en Cuba **28**
1.7 Conclusiones parciales **28**

Capítulo II. . Modelo conceptual y procedimiento para el desarrollo de una alternativa de programación de productos elaborado a partir de residuos sólidos **30**

2.1 Introducción **30**
2.2 Caracterización general de la Empresa Constructora Militar No 3 (ECM No3) **30**
2.2.1 Caracterización de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA) **34**
2.3 Modelo conceptual para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos. **36**
2.4 Diseño del procedimiento para el desarrollo de una alternativa de programación de productos elaborados a partir de residuos sólidos **37**
2.5 Conclusiones parciales **50**

Capítulo III. Aplicación del procedimiento propuesto en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio de la Empresa Constructora Militar No 3 de Villa Clara .. **52**

3.1 Introducción 52
3.2 Aplicación del procedimiento propuesto en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio 52
3.3 Elaboración de los productos. 66
3.4 Seguimiento y control. 67
3.5 Conclusiones parciales. 68
Conclusiones generales. 69
Recomendaciones 70
Bibliografías 70
Anexos 74

Introducción

Introducción

En la actualidad las empresas en aras de fomentar su competitividad y eficiencia, buscan maximizar en términos de costos y efectividad su rentabilidad presente y futura, a través de gestionar la adquisición, el movimiento y el almacenamiento de productos, el control de inventarios, así como el flujo de información asociada, para lo cual crean áreas específicas para el tratamiento del tema logístico, por lo que la logística se convierte en un modelo, un mecanismo de planificación y una manera de pensar que les permita incluso reducir la incertidumbre en un futuro desconocido.

A nivel mundial se llevan a cabo estudios sobre los diferentes factores que inciden y constan como impedimentos en la búsqueda de la eficiencia y eficacia de los procesos. Toda industria, empresa u organización se debe hallar en un proceso de perfeccionamiento continuo, para lograr un funcionamiento eficaz que permita encontrar ventajas sostenibles para sobrevivir y prosperar en un mundo cada vez más competitivo.

En tal sentido la logística inversa es una actividad con un enorme potencial de crecimiento, constituye una forma de reducción de costos en las empresas, además de convertirse en una importante y novedosa fuente de oportunidades, permitiendo desarrollar mejores productos con costos de producción más bajos, a partir del aprovechamiento de residuos sólidos, buscando mercancías más seguras y ambientalmente más amigables, que contribuyan a la protección de la salud y el medio ambiente.

Cuba, con una economía dependiente de sus relaciones económicas externas, no ha estado exenta de los impactos de la crisis económica mundial, que se ha manifestado entre otros aspectos, en la inestabilidad de los precios de los productos que intercambia, en las demandas para sus mercancías y servicios de exportación, así como en mayores restricciones en las posibilidades de obtención de financiamiento externo.

En el sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba se evaluó que a pesar de estudiarse y adoptarse en el transcurso de los años diversas medidas con el objetivo de mejorar el desempeño de la economía nacional, aún existen un grupo de insuficiencias y problemáticas que son necesarias resolver en el presente. Enfrentar problemas tan complejos requiere contar con una visión estratégica, a mediano y largo plazo, por lo cual, desde mediados del año 2009 hasta mayo de 2010, se realizó por el Ministerio de Economía y Planificación, con la participación de los organismos, una proyección de la economía hasta el 2015. Esta proyección demostró que la solución de los desequilibrios macroeconómicos y de los problemas de eficiencia presentes,

constituye una acción indispensable para el desarrollo futuro del país y que, por tanto, para el quinquenio 2011- 2015, la política económica, basada en la proyección aprobada, debe dar respuesta a esos problemas. En función de todo lo anterior, se definieron y aprobaron por el Congreso del Partido los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, para actualizar el modelo económico cubano, con el objetivo de garantizar la continuidad e irreversibilidad del Socialismo, el desarrollo económico del país y la elevación del nivel de vida de la población.

Existe un grupo de lineamientos que definen la necesidad de la planificación socialista como la vía principal para la dirección de la economía, teniendo en cuenta el mercado, influyendo sobre el mismo y considerando sus características. Estos plantean que se debe lograr que el sistema empresarial del país esté constituido por empresas eficientes, bien organizadas y eficaces, la flexibilidad del objeto social de las entidades, para que éstas puedan desplegar al máximo sus potencialidades, según lo normado, la posibilidad de que las empresas decidan y administren su capital de trabajo e inversiones hasta el límite previsto en el plan.

También se expresa la prioridad que en la política industrial debe tener el fomento de las exportaciones y la reducción de los costos, especialmente de su componente importado, la necesidad de reorientar a corto plazo las producciones del sector industrial con vistas a asegurar los requerimientos de los mercados de insumos necesarios a las distintas formas de producción, así como desarrollar la oferta de equipos para las producciones a pequeña escala, en particular para apoyar el desarrollo de las industrias locales, con nuevos tipos de máquinas y equipos de fácil explotación y mantenimiento.

En los lineamientos aprobados, se reitera la necesidad de intensificar el proceso de reestructuración y redimensionamiento del plantel industrial; lograr la concentración de capacidades dispersas y asegurar el empleo racional de instalaciones y del equipamiento que quede en desuso, priorizar la reactivación del mantenimiento industrial, incluyendo la producción y recuperación de partes, piezas de repuesto y herramentales, así como recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país, la expansión de las exportaciones y la venta a la población y el desarrollo de producciones con mayor valor agregado y calidad.

De gran importancia y a tono con la investigación a desarrollar se expresa en el lineamiento 235: Promover la intensificación del reciclaje y el aumento del valor agregado de los productos recuperados, priorizando actividades de mayor impacto económico con menos recursos y su recapitalización, según las posibilidades de la economía. **La Unidad Básica Carpintería de**

Introducción

Aluminio, perteneciente a la Empresa Constructora Militar de Villa Clara, constituye una de las entidades que en el país hace posible la implementación de esta nueva política. Sin embargo, resulta indiscutible que para lograr buenos resultados en este empeño, es necesario desarrollar al máximo la capacidad productiva de la organización, utilizando los recursos disponibles, para incrementar la gama de productos que ofertan, al mismo tiempo que se logra un mayor aprovechamiento de la fuerza productiva y del equipamiento, contribuyendo al cuidado del medio ambiente. Esto presupone tener un conocimiento aproximado de los productos que se pueden desarrollar con los residuos disponibles los cuales en la actualidad son utilizados en la organización de manera empírica sin una adecuada base científica. Partiendo de lo anteriormente expresado, la **situación problemática** de la investigación está dada por la no utilización de los residuos sólidos que se generan de las producciones principales en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la empresa Constructora Militar de Villa Clara, lo que dificulta el incremento de las ventas totales, generando un impacto ambiental nocivo al no aprovechar los materiales resultantes de la actividad fundamental, y esto a su vez se ve reflejado en pérdidas económicas por los residuos que no se aprovechan, además del desaprovechamiento del equipamiento existente y la fuerza laboral que en determinados periodos carece de contenido de trabajo.

En consecuencia, el **problema científico** a resolver se define como: el desaprovechamiento actual de los residuos sólidos en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara, no garantiza la reducción del impacto ambiental desfavorable generado por los mismos, así como el incremento de las ventas y una mejor utilización de la fuerza de trabajo y el equipamiento existente.

Para dar solución al problema científico antes expuesto, se plantea la **hipótesis** siguiente: mediante la elaboración de un modelo conceptual con un procedimiento específico que permita la programación de la producción de artículos elaborados a partir de residuos sólidos será posible su posterior aplicación y con ello reducir el impacto ambiental desfavorable que genera la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara, así como aumentar las ventas y mejorar la utilización de la fuerza de trabajo y el equipamiento existente.

La hipótesis quedará validada si al concluir la presente tesis de maestría se logra:

1. Diseñar un modelo conceptual con un procedimiento específico para la producción de nuevos productos a partir de la utilización de los residuos sólidos, en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara.

2. Aplicar el procedimiento al conjunto de residuos sólidos que se generan en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara.
3. Se mejora el desempeño de la organización con lo que respecta en cuanto a su impacto ambiental las ventas y el aprovechamiento de la fuerza de trabajo

Con el propósito de cumplir la hipótesis planteada se traza como **objetivo general** de la investigación: desarrollar una alternativa de programación de la producción que permita la elaboración de artículos a partir de la utilización de residuos sólidos que se generan en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara, a través de un modelo conceptual con su procedimiento específico desarrollado con estos fines. Del mismo se derivan los **objetivos específicos** siguientes:

1. Construir el marco teórico - referencial de la investigación, a partir de la consulta de la literatura científica internacional y nacional más actualizada sobre las temáticas: logística, logística inversa, métodos y herramientas para la toma de decisiones estratégicas de la logística inversa, además de la elaboración de productos a partir de residuos sólidos en Cuba y el mundo, de forma tal, que se convierta en la base metodológica y conceptual sobre la cual desarrollar la investigación.
2. Elaborar un modelo conceptual con un procedimiento específico que permita el desarrollo de una alternativa de programación de la producción para artículos elaborados a partir de residuos sólidos en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara.
3. Aplicar el procedimiento para el desarrollo de una alternativa de programación de productos elaborados a partir de residuos sólidos en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara.

La investigación desarrollada posee un valor teórico dado por el conjunto de conceptos que se exponen en el primer capítulo. Además su valor metodológico se refleja en el modelo y procedimiento desarrollado, mientras que el valor práctico radica en la aplicación de los elementos antes mencionados.

Los métodos de investigación científicas utilizados en la tesis son los siguientes:

- Métodos matemáticos esencialmente la programación lineal y un conjunto de herramientas de programación de la producción.
- Métodos de recopilación y análisis tales como la entrevista, la observación y la matriz DAFO

Para cumplir los objetivos trazados la presente tesis de maestría se estructura en tres capítulos:

Introducción

Capítulo 1. Marco teórico - referencial de la investigación. En este capítulo se realiza un análisis bibliográfico, en el cual se exponen un grupo de aspectos que permiten una mejor comprensión de términos y definiciones que constituyeron objeto de análisis en el desarrollo de la investigación.

Capítulo 2. Modelo conceptual y procedimiento para el desarrollo de una alternativa de programación de productos elaborados a partir de residuos sólidos. En este capítulo se realiza una caracterización de la empresa y la unidad básica donde se efectúa el estudio, además se exponen las fases del modelo conceptual y las etapas y pasos del procedimiento específico propuesto.

Capítulo 3: Aplicación del procedimiento propuesto en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio. Se procede a implementar el método elaborado en el capítulo 2 para la producción de los nuevos artículos, realizando los cálculos correspondientes a las técnicas seleccionadas, con lo que queda validada la hipótesis del trabajo.

Además se añaden conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos; que complementan la comprensión del estudio.

Capítulo I. Marco teórico referencial de la investigación

1.1 Introducción

La revisión y análisis de la literatura es parte esencial de una investigación, constituye una base sólida para el desarrollo de la misma. El objetivo de este marco teórico referencial es consultar la literatura disponible y exponer los resultados obtenidos con su análisis. Los principales aspectos tratados en el capítulo son los conceptos de logística, logística inversa, estrategias de logística inversa, los métodos y herramientas empleadas en la toma de decisiones estratégicas de la logística directa e inversa, así como la elaboración de productos a partir de residuos sólidos en Cuba y el mundo, lo que muestra la necesidad de buscar un método con un procedimiento para estos fines. En la figura 1.1 se muestra el hilo conductor de este capítulo.

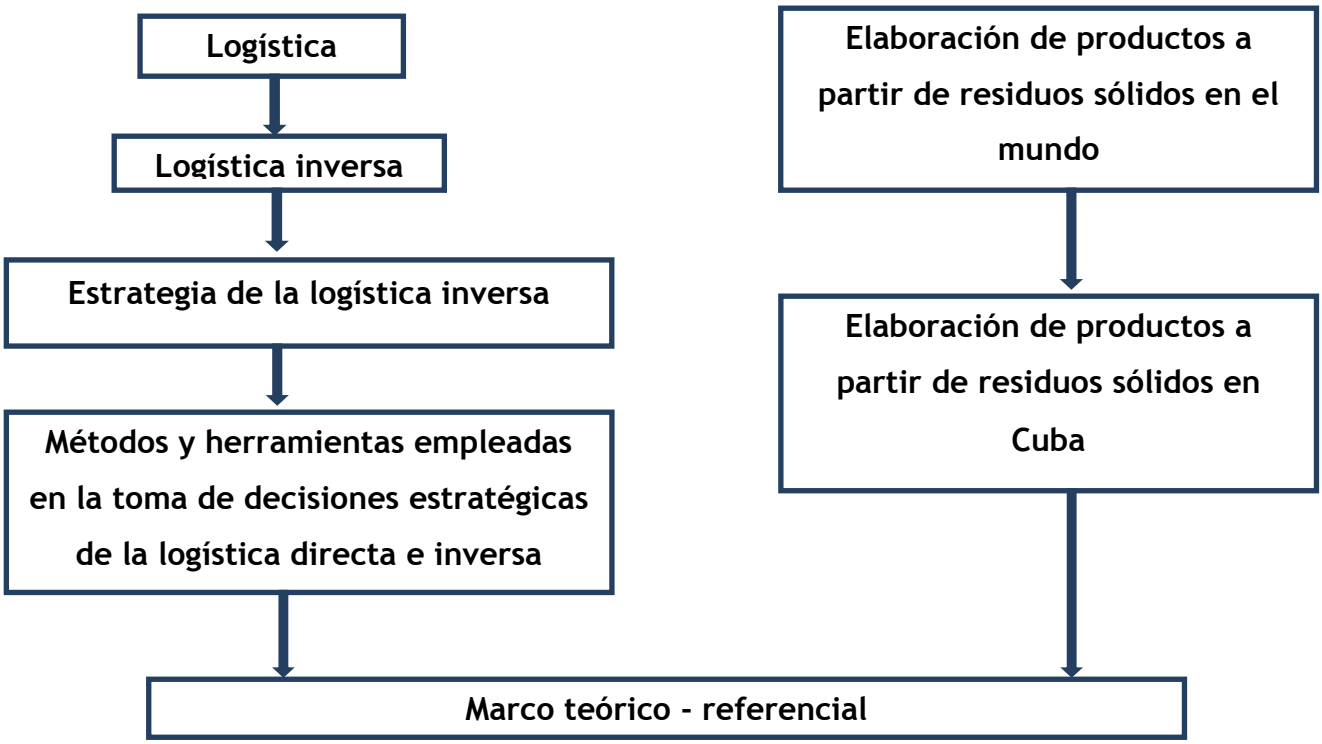


Figura 1.1 Hilo conductor del marco teórico referencial.

1.2 Logística. Conceptos generales

La actividad de manipulación y almacenamiento de las cargas es tan antigua como la humanidad misma, y surge desde que el hombre necesitó conservar los granos hasta la próxima cosecha (Comas Pullés, 1996), esto ocurre en la prehistoria, en el período neolítico en Egipto, hace unos 7 000 años y se asocia así al surgimiento de la logística. Además, era necesario aportar una

proporción para la siembra. Esto implicaba, previsión, control, distribución, algún medio de transporte y receptáculos donde almacenar el trigo. Fue de ésta manera que el primitivo egipcio se encontró con el primer problema práctico de logística, en una cadena de suministros todavía incipiente.

La logística asociada al ciclo abastecimiento-producción-distribución no aparece en la literatura económica de los primeros siglos y surge en la historia asociada a las actividades militares, como la necesidad del abastecimiento a las tropas en campaña para su alojamiento, transporte y avituallamiento, es decir, nace como una necesidad de la actividad militar para garantizar las condiciones necesarias a las tropas y lograr el desenvolvimiento de estas en el combate. Se le llama entonces gestión logística a los métodos y técnicas aplicadas para tales fines, los cuales se fueron perfeccionando con el fin de buscar estrategias superiores que hicieran posible el logro más efectivo de la actividad.

Las empresas que se centran en la mejora de la logística, el transporte y la distribución suelen conseguir mejorar el servicio al cliente y a la vez reducir los costos. Muchas grandes y pequeñas organizaciones, han obtenido beneficios y crecimiento gracias a los significativos ahorros que se pueden conseguir mediante la logística. Por tanto: la logística tendrá un importante efecto no solo en el crecimiento de las empresas sino también en el de países enteros.

En la revisión bibliográfica realizada se encontraron numerosas definiciones sobre el término logística, algunas muy simples y otras un poco más abarcadoras, relacionándolo con un concepto integrador, sistémico y racionalizador, fundamentalmente orientado a la satisfacción del cliente con los costos mínimos, con la calidad requerida, en el tiempo requerido, y en la cantidad y lugar especificadas por los clientes.

La logística empresarial o administración de la cadena de suministros, es un campo relativamente nuevo dentro de la dirección empresarial, la cual se ha venido perfeccionando con el transcurso de los años. En la tabla 1.1 se relacionan una serie de definiciones del concepto de logística que pretenden demostrar su evolución ya como una actividad empresarial. La actividad de manipulación y almacenamiento de las cargas es tan antigua como la humanidad misma, y surge desde que el hombre necesitó conservar los granos hasta la próxima cosecha (Comas Pullés, 1996), esto ocurre en la prehistoria, en el período neolítico en Egipto, hace unos 7 000 años y se asocia así al surgimiento de la logística. Además, era necesario aportar una proporción para la siembra. Esto implicaba, previsión, control, distribución, algún medio de transporte y receptáculos donde almacenar el trigo. Fue de ésta manera que el primitivo egipcio se encontró con el primer problema práctico de logística, en una cadena de suministros todavía incipiente.

Tabla 1.1 Definiciones de logística

Definiciones de logística	
Magee, J. F. (1968)	El movimiento de los materiales desde una fuente u origen hasta un destino o usuario.
Ballou, R.H. (1991)	La logística empresarial abarca todas las actividades relacionadas con el traslado y almacenamiento de productos que tienen lugar entre los puntos de adquisición y los puntos de consumo.
Centro Español de Logística (1993)	Es una actividad que incluye dos funciones básicas: 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 al cliente.
Professional Council of Supply Chain Management (2000)	La logística es el proceso de planificar, implementar, controlar el flujo y el almacenaje de materias primas, productos semielaborados o terminados, y de manejar la información relacionada desde el lugar de origen hasta el lugar de consumo, con el propósito de satisfacer los requerimientos de los clientes.
Gómez Acosta, M & Acevedo Suárez, J.A (2001)	Es la acción del colectivo laboral dirigida a garantizar las actividades de diseño y dirección de los flujos material, informativo y financiero desde sus fuentes de origen hasta sus destinos finales, que deben ejecutarse de forma racional y coordinada con el objetivo de proveer al cliente de productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos y lugar demandados con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente.
Cespón Castro,R & Amador Auxiliadora, M (2003)	Se define la logística también, como el proceso de gestionar los flujos material e informativo de materias primas, inventarios 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.
Knudsen González, J.A (2005)	Es aquella parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo para añadir valor al cliente con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente.

Capítulo I

Hoy en día el proceso logístico abarca una variada gama de funciones, desde el suministro de materias primas, su transformación y finalmente la disposición, distribución y entrega del producto terminado a quien lo demanda, correspondiendo a una era del servicio al cliente en correspondencia con esta etapa, se destacan las definiciones de logísticas que se asocian a la competitividad, las cuales plantean que la logística es un factor clave de desempeño en los procesos de racionalización de los procesos productivos, el diseño y rediseño de las redes logísticas y las cadenas de suministro son una pieza fundamental para la especialización y la efectividad logística. Esto implica el aprovechamiento de las economías de escala de producción, la consolidación de inventarios efectivos y la capacidad de llegar a los clientes con una variedad y surtido de productos y a un precio competitivo.

Hace años, la logística básicamente estaba relacionada con la distribución del producto de una empresa. Hoy día, la definición de logística es mucho más amplia. La logística moderna considera temas que pertenecen a decisiones que se producen en el ámbito de las políticas públicas locales, nacionales e internacionales, como pueden ser las infraestructuras de transporte y las zonas de actividad logística. Actualmente también se ocupa de temas directamente relacionados con la gestión de la empresa con relación de sus clientes y proveedores (logística externa) y sus procesos logísticos relacionados con la producción (logística interna).

1.2.1 Actividades claves y de soporte de la logística

Las actividades claves son aquellas que tienen como característica el hecho de estar presentes en todo sistema logístico (Cespón Castro,R & Amador Auxiliadora, M 2003, Ballou,R.H 1991), estas son:

- **Servicio al cliente**

Cooperación con el departamento de ventas mediante:

a) La determinación de las necesidades y deseos del usuario en relación con el servicio logístico.
b) La determinación de la respuesta del cliente al servicio que se le ha brindado.
c) El establecimiento de los niveles de servicio al cliente.

- **Transporte**

a) Selección del modo y medio de transporte.
b) Consolidación de envíos.
c) Establecimiento de rutas de transporte.
d) Distribución y planificación de los vehículos de transporte.

- **Gestión de inventarios**

a) Política de inventarios tanto a nivel de materias primas como de producción final.

b) Proyección de las ventas a corto plazo.
c) Relación de productos en los almacenes.
d) Número, tamaño y localización de los puntos de almacenamiento.
e) Estrategias de "entrada - salida" de productos del almacén.

- **Procesamiento de pedidos**
  a) Procedimiento de interacción entre la gestión de pedidos y la de inventarios.
  b) Métodos de transmisión de información sobre los pedidos.
  c) Reglas para la confección de los pedidos.

Actividades de soporte

A diferencia de las anteriores, las actividades de soporte tienen como propósito apoyar el correcto desempeño de las actividades claves. En algunos casos, muchas de estas tareas de soporte están presentes también en otras funciones empresariales, lo cual se deriva de la intersección de la logística con estas funciones (Cespón Castro,R & Amador Auxiliadora, M 2003, Ballou,R.H 1991), ellas son:

- **Almacenamiento**
  a) Determinación del espacio de almacenamiento.
  b) Diseño del almacén y de los muelles de carga y descarga.
  c) Configuración del almacén.
  d) Ubicación de los productos en el almacén.
- **Manejo de las mercancías**
  a) Selección del equipo de manipulación.
  b) Procedimiento de preparación de pedidos.
  c) Almacenamiento y recuperación de mercancías.
- **Compras**
  a) Selección de las fuentes de suministro.
  b) Cálculo de las cantidades a comprar.
  c) Selección de los momentos de compra.
- **Empaquetamiento**
  a) Del tratamiento.
  b) Del empaquetamiento.
  c) Del nivel de protección contra pérdidas y desperfectos.
- **Planificación del producto**

Cooperación con el departamento de producción:

a) Especificando las cantidades de los componentes.
b) Estableciendo la secuencia y el ciclo de producción.

- **Gestión de información**
  a) Recogida, almacenamiento y manipulación de información.
  b) Análisis de datos.
  c) Procedimientos de control.

En los últimos años se ha desarrollado una actividad con un enorme potencial de crecimiento que ha sido definida como la última frontera para la reducción de costos en las empresas, además de convertirse en una importante y novedosa fuente de oportunidades. Esta actividad es la logística inversa y a decir de algunos autores va a suponer una importante revolución en el mundo empresarial y muy probablemente se convertirá en uno de los negocios con mayor crecimiento en el inicio del tercer milenio.

1.3 Logística inversa. Conceptos y contenidos

Desde sus inicios, la actividad empresarial ha fijado los conceptos de gestión en el sentido de proveedor cliente. Se ha trabajado diseñando productos, envases, embalajes, gestionando procesos productivos, comerciales y de distribución, hasta que el bien llega a manos del consumidor. Hasta hoy, la mayoría de los fabricantes han tenido la tendencia de ignorar el destino final de sus productos cuando estos concluían su vida útil; no se sentían responsables de lo que ocurría con el producto después de su utilización por el consumidor. Las empresas diseñaban sus artículos de forma que se minimizaran los costos de materiales, fabricación y comercialización, pero no tenían en cuenta la disposición final ya que opinaban que si se incorporaran estos costos al producto se reducirían sus márgenes y el consumidor no aceptaría un precio superior. En consecuencia gran parte de los bienes usados se incineraban o se trasladaban al vertedero, lo que representaba una agresión al medio ambiente.

El actual tipo de vida y los hábitos de consumo de la sociedad provocan cada día una creciente generación de residuos de diferentes orígenes y tipología, con la problemática asociada a su gestión. La gestión de los residuos se convierte en parte integrante de la economía de un país y los problemas derivados de los mismos están determinados en la medida en que los sectores públicos y privados demanden actividades tendentes a minimizar los perjuicios medioambientales producidos por los procesos productivos e industriales. En consecuencia, existe la necesidad de plantear una nueva cultura empresarial que tenga en cuenta en sus estrategias, diseños y procesos productivos, aspectos tales como el consumo de energía y materias primas, la cantidad y tipo de materiales usados, la emisión de sustancias contaminantes o la generación de residuos.

Capítulo I

El término de logística inversa ha comenzado a estudiarse y profundizarse hace solo una década, a diferencia de las definiciones de logística que han evolucionado a lo largo de más de 50 años, destacando su carácter integrador y sistémico.

En la empresa moderna es usual ver la recuperación de productos o materiales de sus clientes ya sea para rescatar su valor o como servicios de postventa. Este proceso inverso se le llamó logística inversa por Luttwak (1971).

La logística inversa es el proceso de planificación, implantación y control eficiente del flujo efectivo de costes y almacenaje de materiales, inventarios en curso y productos terminados, así como de la información relacionada, desde el punto de consumo al punto de origen, con el fin de recuperar valor o asegurar su correcta eliminación (Tibben-Lembke, R. S. & Rogers, D. S., 2003).

La logística inversa es la parte descrita por algunos autores de una tendencia que es la cadena de suministro inversa, dónde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos (Guide and Van Wassenhove, 2002).

Existen múltiples definiciones del concepto de logística inversa, retro logística o, la logística de la recuperación y el reciclaje. Desde el punto de vista ambiental, podría definirse como: El conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y procesado de productos usados, partes de productos o materiales con vistas a maximizar el aprovechamiento de su valor y, en general, su uso sostenible (Angulo, 2009).

Otra definición más técnica la proporciona el grupo PILOT y el grupo REVLOG de Europa: La logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno, excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales, incluso se adelanta al fin de vida del producto con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación (PILOT, 2004). La logística inversa comprende todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales [...] incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida (REVLOG, 2003).

Otras definiciones similares las ofrecen: SAFA (2002) y Stock, J.R (2004). En alguna medida los diferentes autores consultados concuerdan al conceptualizar la logística inversa, como el proceso de movimiento de bienes desde su destino final con el propósito de recuperar valor, asegurar su correcta eliminación o como herramienta de marketing.

A partir del criterio de los autores citados anteriormente, de manera sintética se puede decir que la logística inversa gestiona el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible, aunque la mayoría de ellos no ha decidido considerar la logística

inversa como una variable estratégica dentro de las empresas. Cuando las empresas piensan en estrategias están contemplando los elementos del negocio que tienen, a largo plazo, un alto impacto en los resultados. La estrategia se debe manejar para dar viabilidad y continuidad a la empresa, de ahí la importancia de analizar las estrategias de la logística inversa en las organizaciones.

1.4 Estrategias de logística inversa

El incremento de los estudios sobre estrategias de logística inversa en el mundo, se debe esencialmente a su incidencia positiva en la obtención de ventajas competitivas en las organizaciones. Algunos autores Chaves, L. D; Batalha, M. O. (2006), definen algunas de estas ventajas de la forma siguiente:

- ✓ Beneficios al medio ambiente, los que a su vez inciden en el incremento de la responsabilidad social de las organizaciones.
- ✓ Reducción de costos por concepto de la adopción de políticas para el empleo de los retornos, lo que repercute favorablemente en la rentabilidad de las empresas.
- ✓ Mejoramiento de la imagen corporativa de la organización y con ello el logro de un mayor reconocimiento de la marca y el valor de los productos.

1.4.1 Estrategias empresariales de la logística inversa

Las ventajas competitivas antes señaladas son posibles de obtener cuando se realiza una correcta planeación de la logística inversa. Para ello, la práctica demuestra que previamente es necesario realizar un análisis detallado de toda la organización y dar respuesta a los problemas o interrogantes que se presentan a continuación, en el mismo orden en que aparecen:

1. **Determinación del alcance de la estrategia de logística inversa:** se puede definir una estrategia de logística inversa independiente, situar su contenido como parte de otra estrategia funcional o como parte de la estrategia corporativa.
2. **Necesidad de utilizar el outsourcing en la logística inversa:** puede ocurrir que algunos residuos deban ser utilizados en la propia empresa, pero otros sea preferible venderlos a terceros, lo cual dependerá de las características específicas de cada organización y de las políticas locales y nacionales que existan para los retornos.
3. **Seleccionar, adecuar o definir modelos, procedimientos e indicadores de desempeño, para la realización de la planeación estratégica de la logística inversa:** existen múltiples procedimientos para realizar la planeación estratégica a nivel corporativo (Quinn, J.B 2001; Mintzberg, 2004), así como para diferentes estrategias funcionales como es el caso de la función de Producción/Operaciones (Ibarra Mirón, S 2000), lo cual no excluye la logística inversa.
4. **Alineación de la estrategia o acciones estratégicas de logística inversa a la estrategia corporativa de la organización:** en todos los casos, es necesario que las actividades de logística

inversa respondan a la estrategia corporativa, de manera que lejos de convertirse en una barrera para la misma, contribuyan a su cumplimiento.

Otro aspecto de interés vinculado con las estrategias de logística inversa, es el referido a su clasificación. Para ello existen diferentes criterios (Tibben-Lembke, R. S. & Rogers, D. S., 2003; Brito, 2004), donde los más comunes son:

- ✓ **Atendiendo al tipo de residuo:** este criterio clasifica las estrategias por tipo o grupo de residuo, al considerar acertadamente que las cadenas de retorno de los mismos tienen semejanzas pero también diferencias.
- ✓ **Atendiendo a las actividades de la logística inversa:** esta clasificación enfatiza en la necesidad de mejorar las actividades de la logística inversa, considerándolas estrategias.
- ✓ **Atendiendo a las bondades de la logística inversa para la obtención de ventajas competitivas:** este criterio de clasificación es quizás el más empleado por los autores, aunque estos últimos no necesariamente clasifican las estrategias de igual forma.

En presencia de productos retornados de la postventa (aquellos que retornan con poco o ningún consumo), los mayores beneficios para la organización se obtienen en el servicio al cliente y la imagen esencialmente. En el caso de los productos retornados del post consumo (productos que retornan al final de su vida útil), los mayores beneficios serán económicos y de imagen.

Es importante señalar que entre las clasificaciones anteriores no existen contradicciones, sino que por el contrario se complementan, pues un mismo retorno puede pertenecer a varias actividades de la logística inversa, clasificarse por ejemplo como ferroso y contribuir a la reducción de costos (estrategia de recuperación). Otro aspecto significativo es el hecho de que no siempre resulta económico el tratamiento de cierto retorno, lo que provoca el desinterés de los directivos por su recuperación. Sin embargo, es importante que no se pierda de vista que la sostenibilidad no solo tiene la dimensión económica, sino además la social y la medioambiental, por lo que las decisiones a tomar deben considerar estos tres aspectos. Es necesario también resaltar que las estrategias de logística inversa pueden estar condicionadas por varios factores que las estimulen o las ralenticen (Tibben-Lembke, R.S 2003, Edward J. Marien, 1998), como pueden ser el tamaño de la empresa, el tipo de producto, los tipos de clientes, las estrategias de fabricación que siga la organización, el posicionamiento de esta en el mercado, el comportamiento de los mercados sustitutos para los productos reparados o restaurados, las diferentes etapas del ciclo de vida de los productos entre otras. No solo las estrategias empresariales reportan beneficios para las organizaciones, existen también estrategias territoriales de la logística inversa, que contribuyen al desarrollo sostenible de las empresas que las implementan.

1.4.2 Estrategias territoriales de la logística inversa

Las estrategias territoriales de logística inversa, también denominadas estrategias locales, se establecen para una comunidad o territorio y contribuyen en buena medida a su desarrollo sostenible. Son implementadas de forma predominante por los llamados destinos de la logística inversa, o sea, empresas de reciclaje, servicios comunales, sitios de incineración y vertederos, todas con el apoyo de los gobiernos locales. Estas poseen un carácter más abarcador que las estrategias empresariales e independientemente de mantener correspondencia con estas últimas, tienen particularidades específicas.

Los impactos positivos de las estrategias territoriales de logística inversa, se presentan tanto en el territorio que abarcan, como en la competitividad de las organizaciones encargadas de regular esta actividad en una localidad determinada, constituyendo esta una particularidad significativa de estas estrategias. Por su importancia se profundiza a continuación en estos dos aspectos.

- ✓ **Impacto sobre el territorio que abarcan:** una correcta implementación de estas estrategias inciden de manera positiva en el medio ambiente de la comunidad, en tanto contribuyen a su saneamiento ayudando con ello a los gobiernos locales; favoreciendo el incremento de la sostenibilidad y competitividad de las organizaciones del territorio, pues facilitan la obtención de ventajas competitivas, pero además les reportan una fuente de ingresos por concepto de compra de sus residuos y son una vía de reducción de importaciones, por facilitar el empleo de los materiales reciclados que muchas veces son importados y finalmente, posibilitan un mejoramiento de la imagen del territorio.
- ✓ **Impacto sobre las organizaciones encargadas de regular esta actividad en el territorio que abarcan (destinos de la logística inversa):** el encargo social de estas organizaciones está vinculado precisamente con la recolección y tratamiento de los retornos, por lo que su competitividad depende de una correcta proyección e implementación de estas estrategias.

Es evidente que las estrategias territoriales de logística inversa, se corresponden en gran medida con las estrategias corporativas de las organizaciones reguladoras de esta actividad en un territorio determinado. Sin embargo, esto a su vez presenta particularidades específicas respecto a otros tipos de empresas, entre las que se encuentran:

- ✓ No siempre las organizaciones de los territorios están conscientes de la necesidad de vender sus residuos y las ventajas que ello le pueden reportar, por lo que es una tarea importante de las entidades reguladoras el convencimiento, la publicidad y la constante búsqueda de estos aprovisionamientos. Es por ello que en muchas ocasiones a estas empresas proveedoras se le da el tratamiento de clientes.

- ✓ Es común que se desconozca que muchos de los materiales que se importan, pueden ser comprados a las organizaciones reguladoras, a menores precios y menor costo social, por requerir su flujo de cadenas de suministro mucho más sencillas, con lo que se beneficia toda la nación. A ello se añade la despreocupación de muchos directivos de las organizaciones proveedoras por ofertar sus residuos, lo que requiere en muchas ocasiones de la fuerza legal para enfrentar este problema.
- ✓ Decisiones estratégicas de estas organizaciones reguladoras como es el caso de su localización, tienen un impacto a largo plazo no solo para las mismas, sino además para el territorio que abarcan.
- ✓ Las empresas de un territorio a su vez pueden contribuir a un mejor desempeño de las empresas reguladoras. Por ejemplo, una actividad muy compleja y vital que estas últimas deben hacer es la clasificación de los residuos. Cuando esto es realizado por el propio proveedor, la duración del ciclo logístico se reduce.
- ✓ Algunas prácticas de las empresas reguladoras como es el caso de la incineración, constituyen en muchos países desarrollados una fuente considerable de energía, no ocurriendo así en el mundo subdesarrollado. No obstante, una decisión de este tipo debe estar avalada por una evaluación económica muy precisa.
- ✓ Las organizaciones reguladoras exportan muchos de sus productos y en consecuencia, poseen un mayor conocimiento del comportamiento de su mercado a nivel internacional, que el resto de las empresas de los territorios. Por esa razón, pueden incidir favorablemente en la necesidad de recolectar los de mayor demanda en un período determinado, con el consecuente impacto positivo sobre la economía nacional de un país.

Con respecto a la clasificación de las estrategias territoriales de logística inversa, se mantienen los mismos criterios descritos en el epígrafe anterior, solo con pequeñas variaciones en el contenido de cada uno de ellos y en las prioridades de su empleo. Estas diferencias se reflejan a continuación:

- ✓ **Atendiendo al tipo de residuo:** al igual que en las estrategias empresariales, este criterio clasifica las estrategias por tipo o grupo de residuo. Sin embargo, en el caso de las empresas reguladoras es superior el empleo de este criterio, donde en ocasiones llegan a considerarlo en su estructura organizativa. De esta forma es común encontrar en las mismas, especialistas o directivos en determinado grupo de residuo, que atiende toda su cadena de retorno.
- ✓ **Atendiendo a las actividades de la logística inversa:** esta clasificación en cambio se emplea muy poco y casi carece de importancia en el nivel territorial, en tanto para las

empresas reguladoras solo resultan de interés las actividades de reciclaje, recuperación de energía y vertido.

- ✓ **Atendiendo a las bondades de la logística inversa para la obtención de ventajas competitivas:** este criterio de clasificación también es empleado a nivel territorial, solo que se ajusta más a este nivel el criterio de Tibben-Lembke, R. S. & Rogers, D. S., 2003 que clasifica las estrategias en: de mercado, recuperación (reducción de costos) y medioambientales.

El diseño e implementación de las estrategias territoriales de logística inversa, posee grandes diferencias respecto a las empresariales. No debe perderse de vista que el encargo social de las empresas reguladoras, se corresponde con la necesidad de recuperar, procesar y comercializar los retornos de un territorio, por lo que no es arriesgado afirmar que las estrategias territoriales de logística inversa se corresponden con las estrategias corporativas de las organizaciones reguladoras.

Estas estrategias para que se lleven a cabo con éxito deben estar acompañadas de métodos y herramientas que le permitan a la organización tomar decisiones estratégicas, en materia de logística inversa.

1.5 Métodos y herramientas empleadas en la toma de decisiones estratégicas de la logística directa e inversa

En el epígrafe anterior se mostró la necesidad de tener implementadas estrategias de logística inversa en las organizaciones, lo cual permite obtener ventajas competitivas, por ello es importante conocer los métodos y herramientas empleadas para tomar decisiones de demanda, de capacidad y de programación de la producción.

1.5.1 Decisiones de demanda

Realizar pronósticos de la demanda es una de las tareas más importantes en el mercadeo de un producto o servicio. El pronóstico debe ejecutarse durante el proceso de planeación y con él se determinan las metas y objetivos de una empresa (Pereira, G 2000). Hasta la última década, los pronósticos eran, en su mayoría, un arte, sin embargo ahora también se han convertido en una ciencia, de hecho estos han recorrido un largo camino desde la magia negra, la predicción de la fortuna por medio de las estrellas y las bolas de cristal (Schroeder, 1992).

El personal de producción y de operación utiliza pronósticos para tomar decisiones periódicas con respecto a la selección de procesos, a la planificación de la capacidad, a la planificación de la producción, a la programación de actividades y al inventario. En consecuencia, hoy, se le ha dado una mayor importancia a la predicción. Pronosticar es esencial para aumentar la ventaja

competitiva, a la vez que permite reaccionar rápidamente y con precisión a los cambios del mercado.

Varios autores han establecido sus conceptos de pronóstico de lo cual se puede generalizar que es la estimación anticipada del valor de una variable en el tiempo, que se obtiene proyectando datos del pasado que se combinan sistemáticamente, o sea que se requieren técnicas estadísticas, matemáticas y de la ciencia administrativa. En la tabla 1.2 se muestran algunas definiciones dadas por autores sobre este tema.

Tabla 1.2 Definiciones de pronóstico

Definiciones de pronóstico	
Companys Pascual (1990)	Pronosticar es estimar el futuro sin nuestra participación, al estudiar los pronósticos se debe ser cuidadoso, no sumergirse demasiado en las técnicas y no perder de vista las razones para aplicarlas. El pronóstico en sí, no es un producto final, sino que debe utilizarse como una herramienta en la toma de decisiones
Everett, A & Ronald, E (1991)	Es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro, sobre la base de datos del pasado, los que se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer la estimación
Schroeder (1992)	Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos, se refiere a lo que sucederá en el futuro. Aplicado a la demanda constituye el intento de determinar el estimado de demanda para el producto o servicio que una organización espera suministrar en el futuro
Edelman, A (2001)	Expone que los pronósticos son una estimación de la demanda futura. Para lograrlo, se utilizan diversas técnicas que combinan el conocimiento de su comportamiento pasado, su relación con otras variables, y apreciaciones sobre su comportamiento futuro. Los pronósticos son una forma de atenuar la incertidumbre con la que deben convivir los directivos de empresa. Ya sea con técnicas muy complejas, o con métodos simples
Sierra Romero, R (2003)	Los pronósticos pueden medir o cuantificar la variabilidad de la demanda durante un tiempo esperado. Pronosticar es el arte de especificar información significativa acerca del futuro. Los pronósticos jamás son perfectos debido a que, básicamente se utilizan métodos que generan pronósticos sobre la base de información previa, serán menos confiables mientras mayor sea el horizonte a pronosticar
Oliveros, M (2010)	Proceso de estimación de un acontecimiento futuro, proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro

Capítulo I

Métodos de pronóstico para la determinación de la demanda

Las técnicas empleadas en la realización de pronósticos varían en función del contexto en que se mueve el fenómeno objeto de la previsión; estas constituyen una base importante para la prospectiva, en lo que concierne al análisis preliminar de futuros probables. En principio, los métodos pueden clasificarse en dos categorías:

Método informal, los pronósticos informales son realizados en base a conjeturas, predicciones imaginativas y la intuición de las personas. Definitivamente no son métodos recomendados.

Método formal, este método se puede clasificar en dos grandes categorías: técnicas cuantitativas y cualitativas. Varios autores (Anderson, D.R 1995.; Calero Vinero, A 1986; Companys Pascual 1990; Ríos, M 1983; Oliveros M.; Schroeder 1992; Díaz 1993; Uriel, E 1985; Hillier, F.S & Lieberman, G.J (1991) coinciden en que:

Las técnicas cualitativas se basan, fundamentalmente, en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas, tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías, comparaciones, etcétera. En ocasiones son conocidas como técnicas subjetivas y pueden ser: método Delphi, Brainstorming (tormenta de ideas), embalse de ideas, exposición de ideas, vigilancia del entorno o monitoreo (monitoring) y consultas de mercado, expuestas en Medina León, A et al. (2002). En la tabla 1.3 se resumen algunas características de otros métodos cualitativos referidos en Padrón Robaina (1999); Schroeder (1992) y Domínguez Machuca, J.A (1995).

Estos pronósticos deben utilizarse cuando los datos del pasado no resulten confiables como indicadores de las condiciones del futuro. También deben utilizarse para la introducción de nuevos productos cuando no se dispone de una base de datos históricos. La mayoría es de bajo costo no requieren de equipo computacional para realizarse, aunque su planeación implica una gran inversión de tiempo por parte de los directivos.

Las técnicas cuantitativas se apoyan en dos técnicas estadísticas convencionales: el análisis de series de tiempo o cronológicas (la variable independiente es el tiempo) y los modelos causales. Así, Schroeder (1992), Díaz, A (1996), Ríos, M (1983), Uriel, E (1985) y Hillier, F.S & Lieberman, G.J (1991) consideran que, en los modelos causales, el tiempo no es la variable independiente base para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son "exactamente" estas relaciones, siendo la forma más común de encontrarlas, las ecuaciones de regresión.

Tabla 1.3 Métodos cualitativos y criterios de aplicación. Fuente: Padrón Robaina (1999)

Métodos	Breve descripción	Horizonte	Datos	Compleji-dad	Precisión	Tiempo elaboración	Costo	Nivel de utilización
Opiniones y juicios de ejecutivos	Equipos multidisciplinarios, opiniones subjetivas	Muy largo	10 mínimo	Media	Regular	Medio	Medio	Elevado
Opiniones de ventas	Estimaciones obtenidas de los expertos en ventas	Medio	5-20 Personas	Mínima	Regular	Mínimo	Medio	Elevado
Estudios de mercado	Se desarrolla mediante grupos, cuestionarios, pruebas de mercados o estudios que se usan para obtener datos sobre las condiciones futuras del mercado	Muy corto	Mínimo 300	Media	Buena	Medio	Alto	Reducido
Opiniones y juicios de directivos	Estimaciones obtenidas de los directivos después de recopilar información	Muy largo	5-20 Personas	Media - alta	Buena	Alto	Medio a alto	Reducido
Método Delphi	Cuestionarios anónimos de personas con conocimientos y experiencias, logrando un consenso sobre el pronóstico final	Corto, medio y largo	9 Personas	Media	Regular a muy buena	Medio	Medio a alto	Medio
Analogía de los ciclos de vida	Predicción basada en las fases de: introducción, crecimiento y saturación de productos similares. Aprovecha las curvas decrecimiento de las ventas	Medio largo	Sin mínimo	Media	Regular a buena	Medio	Medio	Medio

Los modelos por series de tiempo se fundamentan en la recogida de unos conjuntos ordenados de observaciones para varios períodos iguales de tiempo, que indican, la evolución de los valores de las variables objeto de estudio en el tiempo y se trata de extrapolar ese comportamiento hacia el futuro. Se utilizan para hacer el análisis detallado de los patrones de demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro. Una suposición de estos métodos es que la demanda se puede dividir en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclos y error. Los modelos de series de tiempo son esencialmente útiles para pronosticar a corto y mediano plazo. Una serie de tiempo puede verse como la representación de los resultados de la variable aleatoria de interés a lo largo de un período fijo, por lo general, registrado a intervalos igualmente espaciados (Companys Pascual 1990; Rodríguez Hernández, C.T 1974; Hillier, F.S & Lieberman, G.J (1991); Anderson D.R 1995.; Kazmier, L 1989.).

Los métodos causales de pronósticos desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables. El tiempo no es la variable independiente base, para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son exactamente esas relaciones. Se pueden obtener datos sobre estas variables y efectuar un análisis para la validez del modelo propuesto. Suponen que la demanda de un artículo depende de uno o más factores independientes. Son muy útiles a corto y mediano plazo.

1.5.2 Decisiones de capacidad

La demanda real y la demanda futura de la organización están íntimamente ligadas a la capacidad de producción, ya sea en las empresas de producción como en las de servicio. Aumentar la capacidad de producción sin conocer cómo se mueve el mercado y sin estudiar las expectativas de los clientes, conlleva a no tener en cuenta diversos factores que inciden en el costo, la calidad y el mercado.

Muchas empresas en el mundo no tienen definida su capacidad de producción, en cuanto a toda la nomenclatura y surtido de productos que son capaces de realizar, constituyendo esto un problema. La definición precisa del concepto de capacidad de producción, tiene un elevado significado metodológico, ya que del mismo se deriva todo el procedimiento para su cálculo y análisis. Varios autores han dado su criterio sobre la capacidad de producción, como se expresa en la tabla 1.4, de los cuales se puede generalizar que:

Capacidad de producción es el máximo nivel de producción en un periodo que puede ofrecer una estructura económica productiva determinada: desde una nación hasta una empresa, una máquina o una persona.

Tabla1.4 Definiciones de capacidad de producción

Definiciones de capacidad de producción	
Fundora Miranda, A (1987)	No es más que la cantidad máxima de producción en la nomenclatura y surtido y calidad prevista que se puede obtener por la empresa en un período de tiempo (por lo regular se toma 1 año), con la plena utilización de los medios básicos productivos (equipos y áreas de producción), bajo condiciones óptimas de explotación
Gomez Acosta, M &Acevedo Suarez, J.A (2002)	Capacidad productiva es la producción máxima posible en un período dado (o el volumen de elaboración de materia prima) en la nomenclatura y la calidad demandados por los clientes, utilizando plenamente, en correspondencia con el régimen de trabajo normado, los equipos y las áreas de producción disponibles
Chase, R (2000)	La capacidad de producción es la habilidad para mantener, recibir, producir, almacenar o acomodar
Aquilano, N (2000)	La cantidad de producción que un sistema es capaz de lograr durante un periodo específico de tiempo se define como capacidad de producción
Jacobs, F.R (2000)	La cantidad de recursos que entran y que están disponibles con relación a los requisitos de producción durante un período de tiempo determinado
FAO (2004)	Se define la capacidad como la cantidad máxima de toneladas de papel, cartón y pasta, de calidad comercial corriente, que se podría producir al año, aprovechando el equipo al máximo y contando con suficiente materia prima y mano de obra, suponiendo que la demanda sea capaz de absorber toda la producción

Métodos para determinar la capacidad productiva en empresas de producción heterogéneas

El cálculo de las capacidades de los procesos en las empresas, el análisis del nivel de su utilización y el plan de medidas para su mejoramiento constituye uno de los puntos claves para argumentar los planes de la empresa, orientar eficientemente las inversiones, promover los planes de cooperación de la producción y orientar los planes de desarrollo técnico, entre otros aspectos de la actividad económica de la misma. Por tal motivo, el cálculo, balance y análisis de las capacidades de los procesos constituyen elementos importantes en la actividad empresarial, lo cual está asociado al ahorro de cuantiosos recursos materiales, laborales y financieros. Entre los métodos utilizados pueden mencionarse los siguientes:

- **Método del representante tipo**

Este método se basa en la adecuada selección de la producción fundamental (tipo) de la empresa, taller, etc. que será aquel que tenga el mayor peso específico en el volumen total de la producción, transformándose la producción restante en unidades equivalentes del artículo tipo, según un coeficiente proporcional a su complejidad relativa.

- **El principio factor-efecto como método de análisis en la determinación de la capacidad productiva**

Cuando la nomenclatura o el surtido de los productos a producir es extensa o no existe un artículo único que pueda representarse como representativo por su peso específico en el volumen total de producción, o no se desea reducir esta nomenclatura a un solo artículo indiferente o convencional, se hace necesario reducir esta nomenclatura a un número pequeño de artículos que en su incidencia o su peso específico en el volumen total de producción puedan considerarse como los artículos fundamentales. Un criterio práctico para la selección de los artículos fundamentales es la aplicación del principio factor-efecto.

- **Método propuesto por la antigua Junta Central de Planificación de Cuba**

Este método se basa en la determinación de un conjunto de fondos de tiempo, que parten del Fondo Productivo Total hasta calcular el denominado Fondo Productivo Potencial y el Fondo Productivo Disponible. Partiendo de esta última información y con la producción horaria, se determina entonces la capacidad productiva potencial y la disponible. Este método se aplica cuando se está en presencia de productos que se realizan en grandes cantidades y donde la diversidad es reducida

- **Método del coeficiente de correspondencia**

A diferencia del anterior, permite el cálculo de las capacidades de producción para una variedad de productos de manera simultánea, tomando como elemento de cálculo el factor tiempo, tanto en la determinación de los fondos como de la carga de trabajo. Aunque muy sencillo, el mismo se aplica solo para decisiones de capacidad de equipos o de materiales pero de manera diferenciada por lo que su aplicación en el presente trabajo alargaría los procedimientos de trabajo vinculados con el cumplimiento de sus objetivos.

- **Métodos de optimización**

Dentro de este grupo de métodos para la toma de decisiones de capacidad, se consideran un conjunto de herramientas matemáticas que dan un resultado óptimo y permiten comparar las necesidades con las disponibilidades de capacidad, quedando así el plan de producción óptimo. De todos ellos uno de los más aplicados a nivel mundial es la programación lineal, la cual tiene diferentes aplicaciones en otros modelos derivados de ella, como el Modelo de Transporte y el denominado Método Húngaro. En el caso particular de la presente tesis se aplicará precisamente la programación lineal, cuya estructura general se explica en el segundo capítulo.

1.5.3 Programación de la producción

La programación de la producción especifica el modo en el que se desarrollarán las actividades en función de las operaciones que se deben realizar teniendo en cuenta la cantidad de recursos

productivos así como la disponibilidad de estos. Incluye decisiones como el tamaño del lote de producción, la secuenciación, la asignación y la determinación de las fechas de entrega.

- **Métodos para la determinación del tamaño del lote de producción**

Un lote de producción es un grupo de piezas o productos de una misma denominación entregados de una sola vez o en línea continua a la producción, durante un intervalo de tiempo determinado y requiriendo un solo ajuste del equipo. El tamaño del lote está determinado por algunos factores, como son: el tiempo requerido para el ajuste del equipo, el tiempo requerido para la etapa de pre-producción, el producto o componente (planos, tecnología, aseguramientos), las capacidades físicas de almacenamiento, el valor de los activos circulantes, las cadencia o ritmo de producción y la resistencia del utillaje tecnológico, entre otros. También deben considerarse los costos que influyen en el tamaño del lote, estos son:

1. Costo de lanzamiento para un lote de producción (Cl) en pesos/lote, incluye los costos por el tiempo de parada del equipo mientras se ajusta, preparación de la documentación, aseguramiento del herramental, etc.
2. Costo de almacenamiento del producto (Ca) en pesos/producto-año (o el período de tiempo que corresponda). Agrupa los gastos de inmovilización, amortización de la planta física, salarios para el almacenamiento, etc.
3. Costo unitario de la producción en proceso (Cr) en pesos/producto-año (o el período que corresponda). Contiene costos similares al anterior pero para los productos que están en proceso, o sea que aún no han terminado.

Partiendo de lo antes señalado los métodos para calcular el lote de producción en producciones uniformes y considerando los costos antes señalados son:

1. Método que depende del volumen de producción: comúnmente se aplica cuando se trabaja a nivel de productos, por ejemplo en la programación maestra.
2. Método basado en las cadencias: es independiente del volumen de producción y se utiliza mayormente para componentes, por ejemplo en la fase de ejecución de la producción.

Cuando las producciones no son uniformes en el tiempo, o sea se realiza por pedidos, los métodos para calcular el tamaño del lote es:

1. Método basado en el tiempo de ajuste de los equipos

• Métodos para la determinación de la secuencia productiva

Resulta necesario secuenciar la producción cuando en un mismo período de tiempo en igual centro de trabajo se precisa establecer el orden de ejecución de los mismos. Procedimiento que se utiliza para determinar el orden de fabricación de los artículos, piezas o trabajos que se realizan en un taller o empresa, o sea determinar para "n" trabajos que se realizan en "m" subdivisiones productivas, cuál

sería el orden más racional de procesamiento de los mismos. Para desarrollar la secuenciación de la producción se han desarrollado varios algoritmos como: 1. Método Johnson

Se utiliza fundamentalmente para programas ordenados, es de fácil aplicación y se fundamenta en minimizar el tiempo total de procesamiento de todos los trabajos, pero no garantiza que la duración del ciclo tecnológico sea el menor. Para realizarlo se deben cumplir los requisitos siguientes:

2. Deben existir solo dos puestos de trabajo
3. Todos los trabajos deben seguir la misma secuencia tecnológica (del puesto X al Y)
4. Ningún trabajo debe comenzar en Y hasta que no haya culminado en X (desplazamiento consecutivo)
5. Se conocen los tiempos de procesamiento del lote en cada puesto de trabajo.

2. Extensión de Johnson

Es una variante del caso anterior, se aplica cuando existan tres puestos de trabajo. Se deben cumplir los mismos requisitos que para el método Johnson, y la condición siguiente: mín Xi > máx Yi ó mín Zi > máx Yi, o sea, la máquina Y es dominada completamente por la máquina X o Z.

Donde: Xi, Yi, y Zi, son tiempos de procesamiento del lote en los puesto de trabajo X, Y, y Z, respectivamente. Se aplica el procedimiento formando dos máquinas ficticias, 1' y 2', con tiempos de proceso: $t_{i1}' = t_{i1} + t_{i2}$ y $t_{i2}- = t_{i2} + t_{i3}$.

3. Método Campell-Dudek-Smith (CDS)

Se utiliza cuando existen tres o más puestos de trabajo y se cumplan los mismos requisitos del método de Johnson para m trabajos. El algoritmo establece un número de iteraciones que generan dos puestos de trabajo ficticios, a los cuales se les determina la secuencia óptima a través del método de Johnson.

Si se obtiene más de una secuencia, se les determina el tiempo total de procesamiento (TTP) y se selecciona como la óptima aquella que logre el menor valor.

4. Método de valoración de trabajos (Vti)

Sus condiciones de aplicación son similares al CDS, o sea:

- Desplazamiento consecutivo.
- Programa ordenado.
- Tiempos referidos al lote de piezas.
- n trabajos y m puestos.

5. Reglas de despacho

Las reglas de despacho o reglas de decisión son reglas empíricas que surgen del mundo empresarial y no de procedimientos matemáticos, estas poseen un alto valor práctico avalado por la experiencia, aunque no necesariamente optimizan. Para su aplicación existen un grupo de condiciones, estas son especialmente aplicables para las instalaciones centradas en el proceso, a los trabajos que se

encuentran en cola delante de un puesto de trabajo. Las reglas se pueden utilizar para controlar dinámicamente el flujo de trabajos conforme avanzan a través del taller, además persiguen disminuir el tiempo total de procesamiento (TTP), el número de trabajos en el sistema y el retraso del trabajo, así como maximizar la utilización de las instalaciones.

• Métodos para la asignación de trabajos a puestos

La asignación aborda aquellos problemas que se presentan cuando se tienen varias alternativas para la ejecución de un trabajo pero existen disímiles limitaciones, con tal motivo se quieren distribuir los recursos de forma que se logre la alternativa más eficiente. Existen diferentes métodos para lograr este objetivo entre los que se encuentran el método Húngaro, el Eastman y el Little, estos dos últimos asociados al problema del viajero y son métodos de programación en enteros que se fundamentan en el método de ramos y límites, también se encuentra el método de programación de los índices, este no es puramente matemático pues requiere en su análisis una valoración subjetiva, la base de este es comparar el puesto de trabajo que necesita menos tiempo para hacer cada actividad con los restantes puestos donde pueden ejecutarse. Otra técnica de asignación es también el método de las cargas Estos métodos se pueden utilizar para programar la producción en una organización dependiendo de sus características, lo cual podrá contribuir a la elaboración de productos de forma que se optimicen los recursos que intervienen en su producción.

1.6 Elaboración de productos a partir de residuos sólidos

Los desechos son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas. Se clasifican en gases, líquidos y sólidos. En los últimos años las naciones del mundo industrializado han cuadriplicado la producción de desechos, incrementándose esta cifra en un dos o tres por ciento anual. Actualmente constituye tarea de gran importancia, reutilizar las materias o elementos que han sido usados para que vuelvan al ciclo de aprovechamiento. En el mundo existen numerosas alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos, así como los beneficios derivados de la utilización productiva de los mismos. De forma general, los residuos sólidos inorgánicos pueden clasificarse atendiendo a su posible aprovechamiento o destino final, los cuales se catalogan en:

1. Recuperables: son aquellos que una vez seleccionados pueden venderse a diferentes industrias, estos son el vidrio, papel, cartón, trapo, hueso, metal entre otros.
2. No recuperables nocivos: son aquellos desperdicios provenientes de hospitales que no pueden ser acopiados, sino que deben incinerarse en forma rápida y continua.
3. No recuperables inertes: son aquellos residuos como piedra, tierra, materiales de construcción y similares, que solo pueden usarse como material de relleno.
4. Transformables: son todos los residuos susceptibles de ser transformados mediante diversos procesos mecánicos y/o químicos en productos inocuos y aprovechables.

Los principales residuos sólidos generados en el mundo, así como sus usos actuales y beneficios, se muestran en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Principales desechos sólidos generados en el mundo.

Material	Usos actuales	Ahorros y beneficios obtenidos
Papel y cartón	Fabricación de cajas y sacos de embalaje, cartoncillo para cajas plegables, papel periódico, papel de escritura, etc.	Ahorro de energía, agua y recursos naturales
Vidrio	Fabricación de nuevos envases	Ahorro de energía y materias primas (sílice, caliza y ceniza de sosa)
Metales	Fabricación de aceros y aluminios a través de procesos de refundición	Ahorro de energía y de materias primas (mineral de hierro, carbón y bauxita)
Plásticos	Fabricación de bolsas de plástico, mobiliario urbano, envases, etc.	Ahorro de energía y materias primas (petróleo).
Briks	Recuperación de celulosa para la fabricación de bolsas de papel, aglomerados, etc.	Ahorro de materias primas y energía
Materia orgánica	Producción de compost y electricidad	Reducción de la contaminación atmosférica, reducción de espacio en vertederos, reducción en el consumo de combustibles fósiles
Construcción y demolición	Material de relleno y fabricación de hormigón	Reducción considerable de espacio en vertederos y de explotación de canteras para la fabricación de hormigón
Electrónicos y electrodomésticos	Refundición de metales para obtención de metales nuevos, reciclaje de plásticos para fabricación de bolsas, envases, etc., y en su caso, regeneración de gases y aceites	Ahorro en materias primas base para la producción de plásticos, metales y aceites

El reciclaje del aluminio es uno de los más rentables para la industria, ya que se aprovecha prácticamente la totalidad de los desechos. El aluminio se recicla de latas, cables, embalajes, muebles o perfiles de construcción, así como de todos los productos que se producen en la industria al fabricar objetos con este material. Este, tras el hierro y el acero, es el metal más utilizado en el mundo, y es uno de los materiales que menos se recicla, el mismo, aunque es muy cuantioso, tiene altos costos de extracción, especialmente energéticos. Reciclando aluminio, se ahorra un 94% de ese costo energético. Es un material además que no pierde propiedades tras varios procesos de reciclado. Todo ello hace que prácticamente la totalidad del aluminio empleado en la industria, sea reutilizado.

1.6.1 Elaboración de productos a partir de residuos sólidos en Cuba

En Cuba la forma fundamental de reciclar desechos es a través de la Empresa de Recuperación de Materias Primas, la cual existe a lo largo de todo el territorio nacional y los productos fundamentales que se recuperan son el papel y cartón, los metales y el plástico. Además en algunas provincias se cuenta con la Empresa de Industrias Locales que generan un grupo de producciones a partir de residuos sólidos, fundamentalmente en la fabricación de pinturas, artesanías y otros productos y materiales de uso doméstico, por otra parte, la actual experiencia de los Proyectos de Iniciativa Municipal de Desarrollo Local, que entre otros objetivos, explotan las reservas productivas que existen en todos los territorios, a través de pequeños proyectos autosustentables que complementen al tradicional plan territorial están generando un grupo de ideas para la reutilización y aprovechamiento de los desperdicios sólidos orgánicos en los municipios.

También el acelerado desarrollo y surgimiento en la actualidad del trabajo por cuenta propia ha generado un incipiente mercado en la forma de reutilizar los desechos de diferentes actividades, fundamentalmente en la artesanía, elaboración de materiales y elementos de construcción, envases, etc.

Respecto a la elaboración de productos a partir de residuos sólidos, en la bibliografía consultada no se encuentra referencia al tema, se aborda reiteradamente la importancia de la utilización de los residuos en la producción de nuevos productos y los métodos para realizar el proceso; convirtiéndose en una necesidad el uso de algún procedimiento para estos fines.

1.7 Conclusiones parciales

1. La bibliografía consultada permite contar con una base conceptual que sirve de referencia para la presente investigación, incluye conceptos, procesos, actividades, enfoques y herramientas sobre la importancia de la logística dentro del entorno empresarial actual, destacando que es un proceso estratégico por el cual la empresa organiza y mantiene su actividad, incrementando la competitividad y rentabilidad.
2. El análisis bibliográfico realizado demuestra la necesidad de tener definida una estrategia de logística inversa en la organización para obtener ventajas competitivas en términos de reducción de costos y beneficios al medio ambiente entre otros.
3. Existen técnicas y herramientas que le facilitan a las organizaciones el conocimiento de aspectos tales como la demanda, la capacidad de producción y la distribución espacial de sus recursos materiales, lo que proporciona información para la toma más acertada de decisiones estratégicas referentes a la logística inversa.

4. No se encontró en la literatura consultada ningún modelo ni procedimiento debidamente fundamentado para la utilización de residuos sólidos en la elaboración de una línea de productos que tenga en cuenta las actividades de la logística inversa, por lo que se considera que el problema científico de la investigación aún no ha sido resuelto.

..

.

Capítulo II

Capítulo II. .Modelo conceptual y procedimiento para el desarrollo de una alternativa de programación de productos elaborado a partir de residuos sólidos

2.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo dar solución al problema científico de la investigación, a través del diseño de un modelo conceptual con un procedimiento específico para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos, lo que permite incrementar las ventas y los ingresos, optimizar la utilización de la fuerza de trabajo y la capacidad instalada disponible, así como contribuir al mejoramiento del medio ambiente. En el capítulo se presenta una breve caracterización de la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 (ECM N^{o} 3) y de su Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA).

2.2 Caracterización general de la Empresa Constructora Militar No 3 (ECM No3)

La Empresa Constructora Militar N^{o} 3 (ECM N^{o} 3) está ubicada en la Avenida Eduardo R. Chivas entre Callejón de Guamajal y Circunvalación, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. Fue instituida mediante la Resolución N^{o} 3177/1997, emitida por el Comité Estatal de Estadística, con el objetivo de dar respuesta a las necesidades de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR) en el Teatro de Operaciones Militares de la Región Central del País, en función de ejecutar las obras que garantizan la preparación combativa y movilización de las tropas, asegurar la retaguardia, y mejorar las condiciones de vida y sociales. La Empresa tiene como **objeto social** aprobado, a través de la Resolución N^{o}5 del Ministro de las FAR con fecha 25 de febrero del año 2011, la realización de las principales producciones y servicios siguientes:

- Construcción civil y montaje de nuevas edificaciones, así como demolición, reparación, remodelación, desmontaje y mantenimiento de edificaciones.
- Efectuar la dirección y contratación de obras.
- Realizar trabajos de acabados, montaje eléctrico, hidráulico, sanitario e industrial.
- Producir accesorio de la construcción.
- Trabajos de movimiento de tierra, voladuras y aplicación de técnicas de bulonado y gunitaje.
- Alquiler de equipos y medios de la construcción.
- Efectuar trabajos de impermeabilización y tratamientos químicos a elementos constructivos.
- Producir hormigón premezclado y elementos prefabricados de hormigón y su transportación.
- Producción, comercialización y prestación de servicios de montaje e instalación de elementos de carpintería de madera, aluminio y otros materiales.

- Realizar el mantenimiento y reconstrucción vial, trabajos de urbanización y otros servicios de apoyo a la construcción.
- Cumplir los servicios de investigación y desarrollo solicitados por los clientes.

Los servicios descritos anteriormente se realizan en obras de arquitectura, turísticas, científicas, agropecuarias, industriales, sociales, militares y de la defensa y se prestan a entidades nacionales y extranjeras. Para cumplir su encargo social, la empresa cuenta con la estructura organizativa que se muestra en el Anexo 1.

Como toda organización, tiene definida su **misión, visión** y **objetivos estratégicos:** La **misión** trazada plantea que:

La Empresa Constructora Militar N^{o} 3, como entidad empresarial de las FAR satisface las necesidades y expectativas de sus clientes en cuanto a edificaciones y obras constructivas, así como en estructuras de prefabricado y carpintería de aluminio, con un sistema de gestión sustentado en la calidad de sus procesos y la profesionalidad y compromiso de su colectivo laboral.

Por otra parte la **visión** expone que:

Ser una empresa líder en la Unión de Construcciones Militares, con un sistema de gestión integrado basado en los principios y concepciones del Perfeccionamiento Empresarial, distinguiéndose por la eficiencia y eficacia, la calidad de sus producciones expresada está en un alto nivel de satisfacción de las expectativas de los clientes y colectivo laboral reconocido por su profesionalidad, sentido de pertenencia y compromiso con la revolución.

Con el propósito de cumplir su misión la entidad tiene especificados como **objetivos estratégicos:**

- Lograr la consolidación del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial con enfoque sistémico, proactivo y de mejoramiento continuo de la calidad.
- Lograr un nivel de calidad en los procesos de gestión y de las producciones que permita a la entidad ser acreedora de la certificación del Sistema de Gestión Integrado que aporte beneficios a todos los miembros de las organizaciones y satisfaga a los clientes.
- Garantizar resultados en la gestión económica financiera de la empresa, que evidencian su salud financiera en los marcos del Plan Técnico Económico.
- Contribuir al desarrollo de la automatización en la Gestión Empresarial en la entidad a partir de la creación de condiciones para su implementación en correspondencia con las tecnologías modernas.
- Garantizar un trabajo político e ideológico, que fomente valores que se evidencien en comportamientos en el colectivo laboral de enfrentamientos a las indisciplinas, las ilegalidades, la corrupción y las causas y condiciones que las provocan.

Como se observa, la entidad no cuenta con objetivos estratégicos enfocados al aumento de las ventas y la reducción de costos, aspecto de vital importancia para el desarrollo de su misión, así como para cumplir con la planeación estratégica de la organización diseñada hasta el 2014. La institución tiene bien definida y estructurada una **política de calidad,** con aceptables límites de variabilidad para adecuarse al entorno cambiante del sector de la construcción y lo establecido por el Ministerio de las Fuerzas Armadas (MINFAR). La misma se adecua al propósito de la organización, ya que está enfocada al cliente y cumple con los requisitos que exige la norma, esta plantea:

Satisfacer las necesidades de los clientes según los compromisos y los requisitos para la calidad pactados, garantizando la eficiencia en los servicios que presta con la tecnología a emplear. Todo esto se logra perfeccionando y manteniendo confianza a través del Sistema de Gestión de la Calidad basado en la NC ISO 9001-2001.

La Empresa de Constructora Militar N^{o} 3, como parte del sistema empresarial actual no está exenta de la influencia de la crisis económica internacional que nos afecta, así como otros factores y cambios que se están llevando a cabo en el país, que contribuyen a competir con el objeto social de la misma, por lo que se hace necesario atenuar las deficiencias organizativas existentes, tales como: la no preparación técnica y la falta de generalización a nivel de empresa del cumplimiento de los procedimientos establecidos en el manual del sistema de gestión integrado, pues a pesar de tener implantado el sistema de perfeccionamiento empresarial y contar con un suministro estable de recursos, no podrán aprovechar el actual desarrollo del programa de viviendas, obras sociales y turísticas, como parte de la política del estado cubano para la reanimación de la industria de materiales de la construcción y de las producciones locales para dar respuesta al desarrollo constructivo por territorios, por lo que se hace necesario que las organizaciones tengan definidas sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para poder determinar las estrategias de progreso de la entidad.

Fortalezas:

- Captación del personal a través del Servicio Militar Activo según orden 397/2004.
- Tener implantado el sistema de perfeccionamiento empresarial.
- Tener un sistema constructivo de viviendas prefabricadas consolidado y certificado por las normas ISO 9000, con todas las posibilidades de desarrollo.
- Contar con un parque de equipos de nueva adquisición en función del trabajo en las obras.
- Automatización del sistema de gestión económica con el sistema Versar Sarasola.
- Infraestructura tecnológica (redes, equipamiento, etc).
- Suministro estable de recursos (insumo y accesorios).

- Contar con cuadros con estabilidad en los cargos, con sentido de pertenencia, con buen nivel de preparación para sus funciones y con disciplina.
- La empresa cuenta con el sistema de calidad certificado

Oportunidades:

- Desarrollo del programa de viviendas, obras sociales y turísticas, como política del estado cubano.
- Reanimación de la industria de materiales de la construcción y de las producciones para dar respuesta al desarrollo constructivo por territorios.
- Existencia de entidades que brindan servicios de consultoría y capacitación en el territorio con vista a consolidar el sistema de dirección empresarial.
- Posibilidades de adquisición de nueva tecnología de la República Popular China a partir de créditos otorgados.

Debilidades:

- Preparación técnica deficiente (no realización en el tiempo establecido, así como la no participación de todas las partes).
- No generalización a nivel empresa del cumplimiento de los procedimientos aprobados en el manual del sistema de gestión integrado.
- No consolidación de forma general del sistema de control interno. Sin nivel de consolidación en la evaluación a la implantación del perfeccionamiento.
- No determinación de las capacidades instaladas, lo que trae aparejado la deficiente conciliación del plan con los clientes.
- Insuficiente cumplimiento de funciones y facultades de los cargos.
- Insuficiencia en la contratación tanto interna como externa.
- Deficiencias en la normación del trabajo.
- No se elaboran ni utilizan los balances de carga y capacidad, ni se montan los planes de las brigadas al inicio de cada mes.
- Deficiente estimulación a los trabajadores.
- No consolidación del sistema de costos.

Amenazas:

- Crisis económica internacional.
- Fluctuación de la fuerza de trabajo para construir viviendas por medios propios.
- Mecanismos lentos de comercialización centralizados, con bajos niveles de respuesta y que hacen inestables los aseguramientos.
- Elevados pagos a la fuerza calificada de la construcción por el sector particular que construye.

- Dificultades con el PRECONS, al no incluir en los precios algunos gastos en que se incurren.
- Dificultades para el acceso a las tecnologías, piezas de repuesto y medios de protección con elevados precios y mercado restringido.

2.2.1 Caracterización de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio (UBCA)

La Unidad Básica Carpintería de Aluminio tiene domicilio en Carretera de Esperanza, reparto Ciro Redondo, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, subordinada a la ECM N^{o} 3 de Villa Clara, perteneciente al MINFAR. Se dedica a la producción de Carpintería de Aluminio por pedido a cualquier organismo e institución que requiera de sus producciones. La unidad básica tiene como **objeto social** el siguiente:

Producción y comercialización de elementos de carpintería de aluminio, así como el mantenimiento e instalación de estas producciones en los polos turísticos de Ciudad Habana, Varadero, Cayería Norte de Villa Clara, Ciego de Ávila y Holguín, tanto a entidades nacionales como extranjeras.

Para cumplir con este objeto social, la UBCA cuenta con la estructura organizativa que se muestra en el Anexo 2. Además tiene definida su misión, visión y objetivos de calidad. La **misión** trazada plantea que se debe:

Producir con calidad logrando mantener un estilo de calidad propio, mantener un elevado nivel de satisfacción de los clientes, mantener de forma óptima el abastecimiento de materia prima del exterior.

La **visión** trazada plantea que se debe:

Lograr ser líder en el país en este tipo de producciones, mantener el abastecimiento seguro de perfilaría de aluminio del exterior, manteniendo los pagos en fecha a los proveedores, así como satisfacer a los clientes prestando un servicio con calidad y cumpliendo los plazos de entrega requeridos, y producir bajo los parámetros de calidad de la NC ISO 9001-2001.

La UBCA tiene definidos como **objetivos de calidad:**

- Alcanzar un nivel de satisfacción del cliente.
- Implantar, mantener y certificar el Sistema de Gestión de la Calidad basado en las producciones de carpintería de aluminio.
- Mantener la eficiencia y la capacidad de los procesos para alcanzar los resultados planificados.
- Mantener la competencia en el servicio.
- Garantizar la correcta identificación de peligros, evaluación y control de riesgos en todas las áreas de la Unidad Básica, a partir de la capacitación y adiestramiento del personal.

Para que la organización pueda cumplir con su objeto social y desarrollar tecnologías de punta, constituye un factor clave, entre otros, los Recursos Humanos que disponen, así como la explotación y utilización del equipamiento existente.

Capítulo II

La fuerza laboral está compuesta por personas de diferentes niveles de enseñanza y oficios. De 129 plazas a cubrir según la plantilla aprobada, existen actualmente 103 plazas ocupadas, lo que representa el 79.8%. En la tabla 2.1 se puede apreciar el desglose de la plantilla y la composición por categoría ocupacional.

Tabla 2.1 Cantidad de trabajadores por categoría.

Categoría	Dirigentes	Técnicos	Administrativos	Obreros	Total
Plantilla aprobada	3	15	1	102	129
Plantilla cubierta	3	14	1	77	103

Como principal proveedor de la carpintería se encuentra la empresa mexicana Texcoco S.A, además de algunas empresas nacionales como:

- ALCUBA
- EMPRESTUR

Además cuentan con otros proveedores con los cuales tienen contratos en menor escala, que no son representativos para la entidad.

Las operaciones de la entidad en el extranjero son ejecutadas por TECNOTEX.

Los clientes fundamentales de la Unidad Básica Carpintería Aluminio son:

- Asociación Económica Internacional (AEI) Cayo Santa María.
- Asociación Económica Internacional (AEI) Varadero.
- Asociación Económica Internacional (AEI) Cayo Coco
- Almest.
- Algunas Unidades Básicas pertenecientes a la ECM N^{o} 3.
- Fuerzas Armadas Revolucionarias (FAR).

Una de las tareas emitidas por la dirección d la empresa que aún se encuentra pendiente de cumplimiento, es la referida al hecho de no aprovechamiento de los residuos sólidos que se generan. Entre ellos se encuentran recorterías de vidrios, perfiles y panel sanwich, que si fueran vendidos a la empresa de recuperación de materia prima lograría reducir el impacto ambiental pero no con una mayor utilización de la fuerza de trabajo y medios existentes, mientras que las ventas que ellos generarían serian mínimas. En cambio de ser cumplida la directiva empresarial de elaborar artículos a partir de los residuos sólidos, es de esperar que el desempeño de la logística inversa sea superior en todos los sentidos. Por esa razón a partir del epígrafe siguiente se trabaja en base de hacer cumplir dicha directiva.

2.3 Modelo conceptual para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos.

Para dar respuesta al problema científico de la presente tesis de maestría se parte del modelo conceptual mostrado en la figura 2.1. En este modelo conceptual se percibe que constituye un proceso de ciclo cerrado, lo cual se sustenta en el hecho de que aun cuando en teoría pudiesen no existir residuos sólidos, en la práctica siempre van a estar presentes. Algunas particularidades del modelo son:

- Luego de la preparación pueden existir tres situaciones. La primera es que los nuevos productos se elaboren con los equipos y operarios existentes en la organización, la segunda cuando se necesita la creación de nuevos puestos de trabajo y operarios y la tercera es una situación híbrida.
- La aplicación del modelo requiere ser traducido en un procedimiento que permita su aplicación práctica. Este procedimiento se muestra en el próximo epígrafe.
- En el modelo se puede aplicar diferentes técnicas y métodos matemáticos, empíricos de programación de la producción etcétera, que van a variar de un objeto practico a otro.
- En la tabla 2.2 se muestran cada una de las fases del modelo con su etapa correspondiente en el procedimiento.

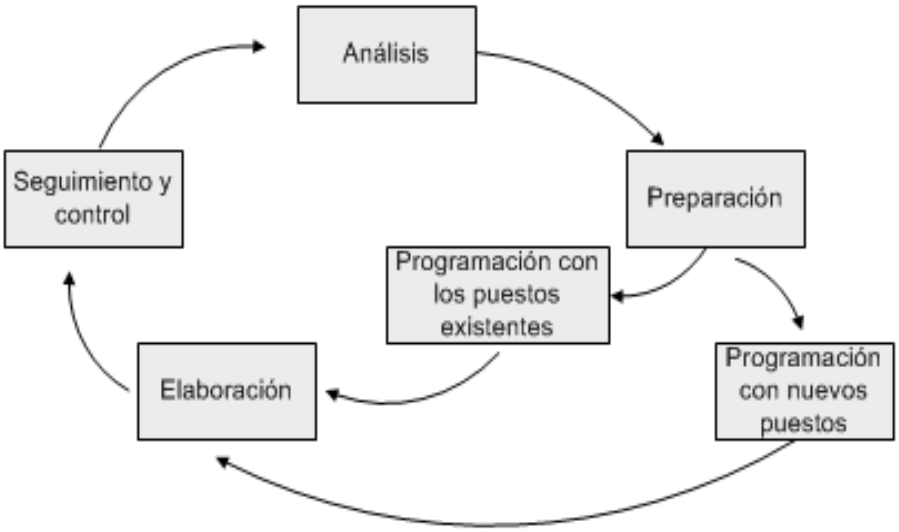


Figura 2.1 Fases del modelo conceptual.

- La cantidad de productos elaborados a partir de residuos sólidos y su impacto en las ventas, costos y aspecto ambiental debe ser pequeña. Un comportamiento contrario, indicaría que deben ser reanalizado los procesos tecnológicos de los productos principales de la organización.

Tabla 2.2 Fase del modelo conceptual y etapas que le corresponden en el procedimiento.

Fases del modelo	Etapas del procedimiento
Análisis	Análisis estratégico de residuos
Preparación	Determinación de los parámetros necesarios para la programación de la producción
Programación	Programa de producción
Elaboración	Elaboración de los productos
Seguimiento y control	Seguimiento y control

2.4 Diseño del procedimiento para el desarrollo de una alternativa de programación de productos elaborados a partir de residuos sólidos

El procedimiento propuesto en la investigación está basado en los parámetros necesarios para la programación de la producción, iniciando con la selección de un método que permita estimar la cantidad de residuos por tipo, la definición de la demanda a partir de pronósticos que se correspondan con la información disponible en la entidad objeto de estudio, con lo cual se fijará una vía para determinar la cantidad de productos posibles a elaborar a partir de los residuos, estableciendo las necesidades de nuevos insumos.

Premisas fundamentales para la construcción y aplicación del procedimiento

El procedimiento para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos precisa para su implementación, de la existencia de una caracterización de los procesos objeto de estudio y del conocimiento de las especificaciones para cada proceso, producto y los residuos resultantes de las producciones que se realizan en la unidad.

Objetivo del procedimiento

El objetivo general del procedimiento es disponer de una metodología a seguir para la obtención de nuevos productos a través de la utilización de los residuos resultantes de las producciones que actualmente se realizan, como vía para lograr un incremento de las ventas y una mejor utilización de la fuerza laboral y el equipamiento existente.

Principios que sustentan el procedimiento

El procedimiento para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos se sustenta en los principios siguientes:

- Mejoramiento continuo: el procedimiento garantiza la retroalimentación sistemática para lograr una serie de cambios pequeños e incrementales, además de contribuir al desarrollo de la capacidad de aprendizaje de la organización.

- Flexibilidad: el procedimiento tiene potencialidades para adaptarse con racionalidad tanto a los cambios provenientes de un entorno muy dinámico, como a los que se producen en lo interno de la organización, sin que se produzcan cambios significativos en su estructura, métodos y procedimientos de trabajo.
- Participativo: este principio es inherente al procedimiento y está presente, prácticamente, en todos los pasos del mismo, donde de una forma u otra, desde la alta dirección hasta los trabajadores, tienen algún nivel de participación.
- Integrador: considera la integración estratégica de las diferentes áreas funcionales de la empresa para acoplarse racionalmente a lo interno y con los elementos implicados del entorno donde se desempeña la organización.
- Transparencia y parsimonia: la estructuración del procedimiento y su consistencia lógica permite cumplir los objetivos para los cuales fue diseñado, es sencillo, comprensible y práctico, permitiendo su rápida asimilación por parte de las personas que se inician en su explotación.
- Perspectiva: posibilidad de hacer extensible su aplicación como instrumento metodológico a otras empresas, por su capacidad de adaptación y consistencia metodológica.
- Apertura: capacidad de relacionarse con el resto de los sistemas, lo cual posibilita asimilar de manera rápida los cambios del entorno y adaptarse a ellos.

Ventajas del procedimiento

Las ventajas que proporciona el procedimiento, para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos, son las siguientes:

- Proporciona una guía para la elaboración de nuevos productos en la entidad.
- Brinda un estimado de la demanda potencial de nuevas producciones.
- Permite determinar la capacidad productiva, a partir de la utilización de los residuos.
- Identifica los recursos necesarios para la producción por tipo de artículo.
- Proporciona un diseño de la programación de la producción de los nuevos productos.
- Posibilita el avance de las buenas prácticas organizativas aumentando de forma continua la eficacia de la organización.
- Facilita una mejor respuesta ante la demanda de nuevos productos por los clientes.
- Como metodología es muy clara y contiene elementos que pueden ser combinados con otras metodologías para crear enfoques particulares más eficientes.

El procedimiento propuesto consta de modo general con cinco etapas según se muestra en la figura 2.2:

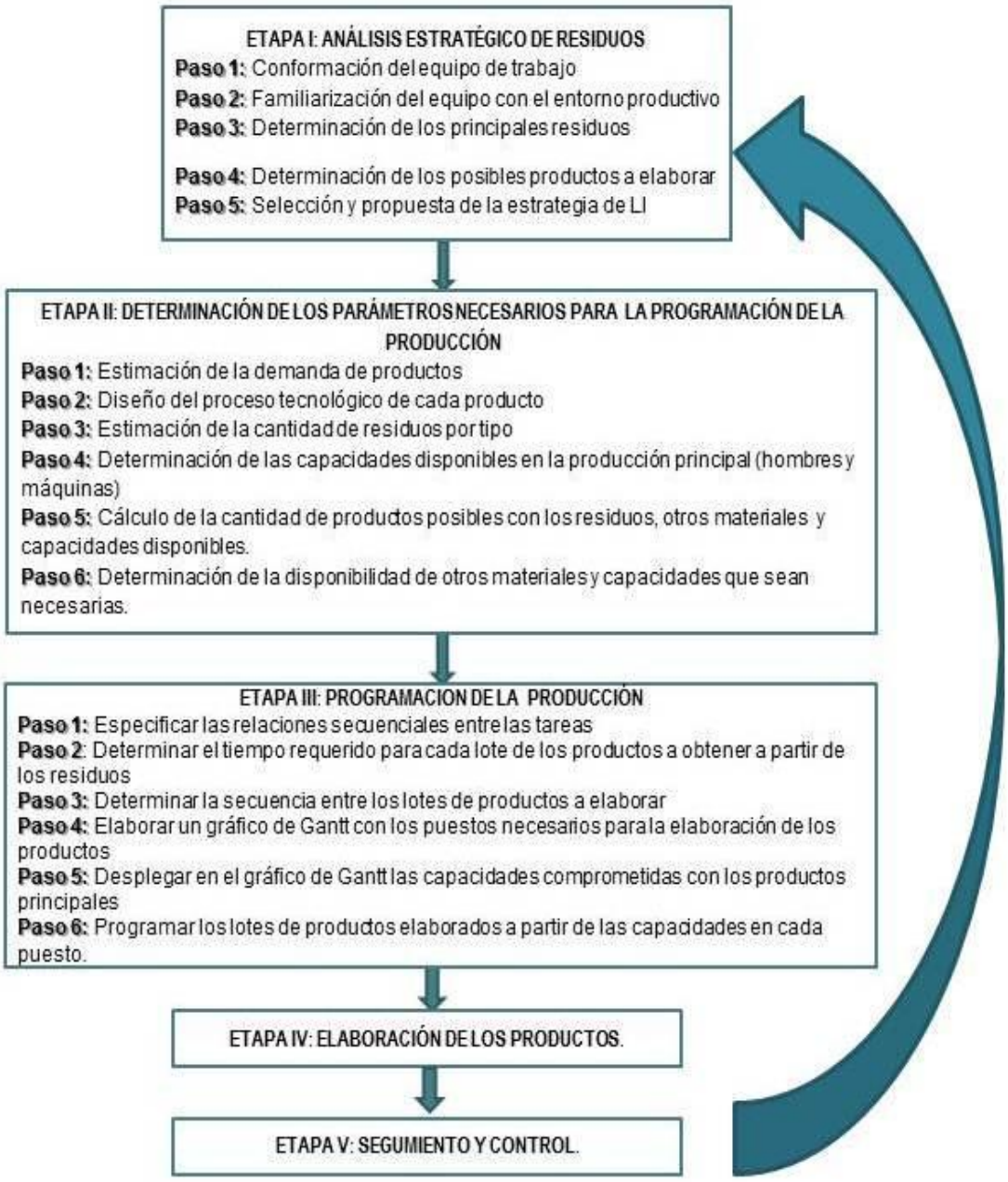


Figura2.2 Etapas y pasos del procedimiento para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos.

Etapa I: Análisis estratégico de residuos

Para la preparación del estudio se deben desarrollar una serie de actividades que van desde la conformación del equipo de trabajo hasta la selección y propuesta de la estrategia de logística inversa a implementar en la organización, además de la determinación de los principales residuos y posibles productos a elaborar.

Paso 1: Conformación del equipo de trabajo

En este paso se selecciona el equipo de trabajo que tiene como función orientar y dar opiniones, según su experiencia, de algunos pasos contenidos en el procedimiento propuesto. Para ello deberán seleccionarse, como miembros del equipo especialistas con conocimientos sobre logística, logística inversa, planificación de la producción y sobre las diferentes actividades del proceso productivo.

Los cuales tienen que ser capaces de realizar las siguientes tareas:

1- Organizar y dirigir el trabajo de los expertos (es una tarea específica del jefe del equipo de trabajo).
2- Recopilar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del procedimiento.
3- Realizar los cálculos y análisis incluidos en cada etapa.

De ser necesario, se llevará a cabo la capacitación del personal involucrado en lo referente a la logística inversa, por no existir amplios conocimientos sobre este tema, los pasos del procedimiento, las herramientas a utilizar, la planificación de la producción, así como las actividades del proceso productivo en la entidad.

Otro aspecto a determinar en este paso es el número de expertos a emplear durante la aplicación del procedimiento y la selección de estos. La cantidad necesaria de expertos se calculará según la siguiente expresión:

$$M = \frac{p * (1 - p) * k}{i^2} \quad (2.1)$$

Dónde:

M: cantidad necesaria de expertos.

p*:* error estimado.

i*:* precisión deseada en la estimación.

k*:* constante computarizada cuyo valor depende del nivel de confianza, los cuales se muestran a continuación en la tabla 2.3.

Tabla 2.*3* Valores de la constante K

(1- a)	k
0.90	2.6896
0.95	3.8416
0.99	6.6564

Es importante tener presente que un experto no debe adoptar una actitud discriminatoria con alguno de los criterios involucrados en el análisis.

Para la selección del equipo de trabajo se propone utilizar el método de expertos propuesto por Hurtado de Mendoza (2003). Los pasos a seguir en este procedimiento se muestran a continuación.

Paso 1: confeccionar una lista inicial de posibles candidatos vinculados directamente a la producción, para de ellos seleccionar un grupo de expertos que cumplan con requisitos específicos en la materia a trabajar.

Paso 2: realizar una valoración sobre el nivel de experiencia, a través de preguntas específicas, evaluando de esta forma los niveles de conocimiento o información que poseen sobre la materia.

Paso 3: calcular el coeficiente de conocimiento o información, con los datos obtenidos del paso anterior.

Kcj=0,1*n (2.2)

Donde:

Kcj- Coeficiente de conocimiento o información del experto "j"

Paso 4: primeramente se les realiza una auto evaluación donde se efectúan determinadas preguntas, las cuales son comparadas con una tabla patrón, con el objetivo de utilizar estos resultados para calcular el coeficiente de argumentación o fundamentación (Ka).

$$\mathbf{Kaj} = \sum_{i=1}^{6} \mathbf{n_i} \quad (2.3)$$

Donde:

Kaj: Coeficiente de argumentación del experto "j"

$\mathbf{n_i}$: Valor correspondiente a la fuente de argumentación "i"

Paso 5: se procede a obtener el valor del coeficiente de competencia que finalmente es el coeficiente que determina en realidad qué experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación.

Kj=0,5*(Kcj+Kaj) (2.4)

Donde:

Kj: Coeficiente de Competencia del experto "j" Kcj: Cociente de Conocimiento del experto "j"

Kaj: Coeficiente de Argumentación del experto "j"

Paso 6: Selección de los expertos necesarios para la investigación. La conformación del grupo de expertos se realiza a partir de los candidatos antes seleccionados, la restricción está dada por el coeficiente de competencia, ya que según Hurtado Mendoza (2003) no se utilizarán expertos de competencia baja.

0,8<Kj<1,0	Coeficiente de Competencia Alto
0,5<Kj<0,8	Coeficiente de Competencia Medio
Kj<0,5	Coeficiente de Competencia Bajo

Paso 2: Familiarización del equipo con el entorno productivo

Posterior a la conformación del equipo de trabajo se debe realizar una familiarización con el objeto de estudio y su entorno, lo que permite que el grupo de trabajo se ubique temporal y espacialmente. En este paso se pueden utilizar herramientas como: la observación directa, entrevistas, encuestas al personal del centro, la consulta de bibliografía especializada y documentos del área objeto de estudio, entre otras, que faciliten el desarrollo veraz de la investigación. Todas estas herramientas permiten la recopilación de información de forma efectiva para que el analista se familiarice con la entidad, lo que permite que la investigación se efectué con rigor científico.

Paso 3: Determinación de los principales residuos

En este paso se parte del análisis del proceso productivo de la entidad y de los datos obtenidos a través de la observación directa, la entrevista y la revisión de documentos para determinar qué elementos resultantes del proceso pueden ser utilizados en la elaboración de nuevos productos, además de tener en cuenta las materias primas utilizadas en la fabricación de las producciones principales de la entidad.

Paso 4: Determinación de los posibles productos a elaborar

Para determinar los posibles productos a elaborar el equipo de trabajo debe conocer los residuos que se obtienen de las producciones principales y que se determinan a partir del análisis realizado en el paso anterior del procedimiento propuesto, se necesita además realizar un análisis mediante la observación directa del proceso productivo, la obtención de información, mediante entrevistas y contactos con los jefes, técnicos y operarios basándose en su experiencia y conocimiento, además de la revisión de normas, regulaciones e instrucciones de trabajo o elementos que estén contenido en el objeto social de la entidad.

Paso 5: Selección y propuesta de la estrategia de logística inversa

Existen dos tipos de estrategias de logística inversa, las estrategias empresariales y las territoriales, y deben seleccionarse teniendo en cuenta las ventajas que cada una de ellas tienen para la empresa, los beneficios al medio ambiente, reducción de costos y mejoramiento de la imagen corporativa. Para la selección de la estrategia de logística inversa a implementar se pueden utilizar herramientas como la matriz DAFO.

En la tabla 2.4 se presenta una matriz DAFO. Además se define el procedimiento para elaborarla y llegar a definir la estrategia. Para hacer la matriz DAFO debe realizarse un análisis de los factores externos, asociados a las oportunidades y amenazas y un análisis interno determinado por las fortalezas y debilidades. Las oportunidades son eventos o circunstancias que se espera que ocurran o que puedan inducirse a que sucedan en el entorno y que podrían tener un impacto positivo en el logro de los resultados futuros de la empresa. Las amenazas son eventos o circunstancias que

pueden acontecer en el medio y que pudieran tener un impacto negativo en el futuro de la institución. Las fortalezas representan las principales fuerzas o puntos a favor con que cuenta la entidad para alcanzar su misión, visión y objetivos estratégicos. Las debilidades son las limitaciones que presenta y sobre las cuales se deben tomar acciones a modo de impedir su avance o eliminar radicalmente, en el horizonte de planificación dado.

Tabla 2.4 Matriz DAFO.

Externo / **Interno**	**Oportunidades**	**Amenazas**
Fortalezas	Maxi - Maxi	Maxi - Mini
Debilidades	Mini - Maxi	Mini - Mini

La determinación y análisis de cada uno de estos factores, ayudará a definir las principales estrategias, así como las acciones estratégicas o estrategias específicas que de ellas se deriven. Ello garantiza a la organización elaborar sus estrategias de logística inversa en base a potenciar sus fortalezas y reducir al mínimo posible sus debilidades, con vistas a poder aprovechar al máximo las oportunidades y contrarrestar con más fuerza las amenazas externas.

Una de las formas más eficaces para realizar la matriz es una tormenta de ideas donde participen los miembros del equipo conformado en la primera etapa del procedimiento.

Por el eje de las (X) se encuentran los factores externos: oportunidades y amenazas y por el eje de las (Y) los internos: fortalezas y debilidades. Se trata de maximizar las fortalezas para aprovechar al máximo las oportunidades y tratar de minimizar o estar mejorados para enfrentar las amenazas. En segundo lugar, minimizando o eliminando las debilidades tratar de obtener los mayores beneficios de las oportunidades y que las amenazas dañen en su mínima expresión a la organización.

En el análisis que se realiza de la interrelación o combinación de estos factores, se obtiene un conjunto de acciones estratégicas, donde se observa que las maxi-maxi serán de carácter ofensivas, las maxi-mini, defensivas; las mini-maxi, de reorientación o adaptativas y por último las mini-mini, de supervivencia.

El equipo debe profundizar en la valoración y análisis de las acciones que se están presentando, sobre todo en su carácter estratégico y no de actividad o tarea. A su vez, el equipo estará en disposición de establecer, cuáles serán sus estrategias principales.

ETAPA II: Determinación de los parámetros necesarios para la programación de la producción

La determinación de los parámetros necesarios para la programación de la producción está basada en herramientas que permitirán estimar la cantidad de productos posibles a elaborar, el diseño del proceso tecnológico de cada artículo, la estimación de la cantidad de residuos por tipo, la determinación de las capacidades disponibles en la producción principal, la disponibilidad de otros materiales y capacidades que sean necesarias, además del cálculo de la cantidad de productos posibles con los residuos, otros materiales y capacidades disponibles. Para ello se utiliza el estudio de datos históricos en la empresa, el método Delphi, así como la obtenida por un balance de carga y capacidad y modelos de programación lineal.

Paso 1: Estimación de la demanda de productos

Para estimar la demanda de los nuevos productos se pueden utilizar herramientas como el método Delphi, las series temporales, los métodos causales, entre otros. En el caso de las nuevas producciones, como no existen datos históricos, se debe utilizar el método Delphi. Para la aplicación de este método suelen distinguirse tres etapas o fases fundamentales, estas son:

1. Fase preliminar: se delimita el contexto, los objetivos, el diseño, los elementos básicos del trabajo y la selección de expertos (El grupo de expertos utilizados en la aplicación de este método serán los determinados en la conformación del grupo de trabajo establecido en la etapa I del procedimiento).
2. Fase exploratoria: elaboración y aplicación de los cuestionarios según sucesivas vueltas, de tal forma que con las respuestas más comunes de la primera se confecciona la siguiente.
3. Fase final: análisis estadístico y presentación de la información.

El resultado de este método es determinado por el consenso de las respuestas obtenidas de los especialistas en cuestionarios respondidos de manera anónima. Cada miembro responde a una misma pregunta por ronda; las respuestas son discutidas de manera grupal determinando así la tendencia del pronóstico.

Paso 2: Diseño del proceso tecnológico de cada producto

Para el diseño de los procesos tecnológicos de cada producto se debe obtener información de la empresa elaborada por un tecnólogo, donde quedará definido el tiempo de elaboración de una unidad, así como el consumo de materiales de cada producto. De no existir esta información se pueden realizar estimaciones de tiempo y de necesidades de materiales bajo incertidumbre utilizando un escenario optimista, uno más probable y uno pesimista.

Paso 3: Estimación de la cantidad de residuos por tipo

Para estimar la cantidad de residuos por tipo se deben tener en cuenta las producciones que se realizan en la organización, además se necesita conocer las operaciones que se desarrollan en dependencia del tipo de artículo, para poder determinar los puntos del proceso donde se obtienen los residuos sólidos que se podrán utilizar en la producción de los nuevos productos a elaborar. La unidad de medida en que serán estimadas estas cantidades estará en dependencia de las características de los residuos que se obtienen.

Paso 4: Determinación de las capacidades disponibles en la producción principal (hombres y máquinas)

Las capacidades disponibles en la producción principal es el tiempo en que los equipos están sin producir y que se puede utilizar para la elaboración de los productos a partir de los residuos sólidos de la organización, estos datos se pueden obtener mediante un balance de carga y capacidad de los procesos de la empresa, o mediante la estimación del tiempo que puede quedar disponible en cada uno de los puestos. Para estimar este tiempo se puede utilizar la fórmula siguiente:

$$F_j = n_e * d * C_t * h \frac{100 - p_s}{100} \quad (2.5)$$

Dónde:

F_j : Fondo de tiempo del proceso

n_e : Cantidad de equipos en el proceso

d : Días laborales normados en el periodo analizado

C_t : Coeficiente de turno normado

h : Horas en un turno de trabajo

ps : Porcentaje de tiempo no utilizado por diferentes causas

Paso 5: Cálculo de la cantidad posible de productos con los residuos y capacidades disponibles

Para determinar la cantidad posible de productos a elaborar con la tecnología actual se puede utilizar un modelo de programación lineal, este método permitirá analizar cada variable implicada en la situación planteada y sus variaciones, para determinar cuál es la decisión más acertada. Para dar solución a un modelo de programación lineal existen varias técnicas como: el método gráfico, método simplex, método matricial, técnica de la gran M, entre otros. La programación lineal se utiliza para resolver un tipo muy especial de problema, uno en el cual todas las relaciones entre las variables son lineales, tanto en las restricciones como en la función objetivo, como es este caso ya que dado un conjunto de "m" desigualdades lineales o ecuaciones lineales, que se formularán en dependencia de la cantidad de residuos por tipo, operaciones por las que pasen los productos para su fabricación y la

demanda máxima de los nuevos artículos a producir en la entidad objeto de estudio, con "n" variables, para hallar valores no negativos de éstas variables que satisfagan las restricciones y maximicen o minimicen alguna función lineal de las variables llamada función objetivo.

Matemáticamente se expresa de la forma siguiente:

Hallar X_J J = 1, 2,..... , n Para:

Maximizar o minimizar:

$Z = C1X1 + C2X2 +.... + C_nX_n$

Con las siguientes restricciones:

a11X1++ a1jXj + ……+ a1nXn ≤ó≥ b1

ai1X1 + + aijXj + ……..…+ ainXn ≤ó≥ bi

am1X1 + + amjXj + ……+ amnXn ≤ó≥ bm

Xj≥0; j= 1, 2, ……, n condición de no negatividad.

Dónde:

Xj: variable de decisión

Cj: coeficiente de la función objetivo

aij: coeficientes restriccionales

bj: capacidades en las restricciones

Paso 6: Determinación de la disponibilidad de otros materiales y capacidades que sean necesarias

En este paso se tiene en cuenta el proceso tecnológico de cada producto, definido en el paso 2, a partir de ahí se deben establecer los insumos que requiere cada artículo, por lo que conociendo este dato, una vez determinada la cantidad de productos posibles a elaborar, con los recursos y capacidades disponibles, se procede a fijar la cantidad total de insumos necesarios para la realización de los nuevos productos.

ETAPA III: Programa de producción

En esta etapa se establecen los pasos necesarios para la programación de la producción, que permita la elaboración de los productos a partir de los residuos sólidos obtenidos de las producciones principales en la organización, para ello es necesario especificar las relaciones secuenciales entre las tareas, determinar el tiempo requerido para cada lote de los productos a obtener a partir de los residuos y la secuencia entre los lotes de productos. Con esta información se realiza un gráfico de Gantt donde se muestra la programación de los nuevos productos en cada puesto de trabajo con las capacidades disponibles de la producción principal

Paso 1: Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas

En este paso se especifican las relaciones secuenciales entre las tareas, para ello es necesario identificar las actividades que van a intervenir en el proceso productivo de los nuevos productos, que se establece en el paso dos de la primera etapa del procedimiento propuesto, también debe quedar determinada la secuencia requerida de las actividades. Para especificar estas relaciones se utiliza un diagrama de precedencia. Este diagrama consiste en círculos y flechas, los círculos representan las tareas individuales y las flechas indican el orden en que debe desempeñarse la tarea.

Paso 2: Determinar el tiempo requerido para cada lote de los productos a obtener a partir de los residuos

Para establecer el tiempo requerido por lote se necesita determinar su tamaño, para ello se pueden utilizar diferentes métodos dependiendo del tiempo requerido para el ajuste del equipo, para la etapa de pre-producción del producto o componente como planos, tecnologías y aseguramientos, las capacidades físicas de almacenamiento, el valor de los activos circulantes, la cadencia o ritmo de producción, la resistencia del utillaje tecnológico, entre otros, algunos de estos son: los métodos que consideran los costos que se utilizan en producciones uniformes y no uniformes en el tiempo entre ellos se encuentran los que dependen del volumen de producción y los basados en las cadencias y los métodos basados en el tiempo de ajuste de los equipos. Una vez determinado el tamaño del lote este valor debe ser multiplicado por el tiempo unitario de un producto en cada operación para establecer el tiempo total requerido para cada lote.

Pese a la existencia de los métodos señalados en el párrafo anterior, debe considerarse que de todos ellos los que mayor aplicación encuentran en la práctica son el método basado en el tiempo de ajuste de las máquinas y las reglas empíricas existentes sobre adecuar el tamaño del lote a la capacidad de almacenaje y/o transportación, su ajuste a la producción mensual, quincenal, decenal y otros.

En el caso del presente trabajo, por tratarse de productos que se elaboran a partir de residuos, es opinión de investigadores del departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, que conjuntamente con estos métodos desarrollados para la producción principal, debe ser considerada la regla siguiente: el tamaño del lote de estas producciones debe ser ajustado a aquella cantidad que logre una utilización de equipos y operarios igual o superior a un turno de trabajo y que al mismo tiempo reduzca el tiempo que los residuos se encuentran almacenados.

Paso 3: Determinar la secuencia entre los lotes de productos a elaborar a partir de residuos

En este paso debe quedar establecido el orden en que deben ser procesados los diferentes lotes con el objetivo de optimizar algunos parámetros como el tiempo total de procesamiento, el tiempo ocioso de las máquinas, tiempo de espera, entre otros. Para determinar esta secuencia se pueden utilizar

reglas de prioridad surgidas del mundo empresarial y no de procedimientos matemáticos, estas se emplean para controlar dinámicamente el flujo de trabajo, ellas son:

- Tiempo de procesamiento mínimo (MINPRT: minimun processing time).
- Tiempo desperdiciado mínimo (MINSOP: minimun slack time per operation).
- Primera que llega, primera que sale (FCFS first come - firts served).
- Fecha de inicio planeada mínima (MINSD: minimun planning start date).
- Fecha de entrega mínima (MINDD: mínimum due date).
- MINPRT truncado, la relación crítica mínima.

Para seleccionar una de estas reglas se deben utilizar algunos criterios importantes, como son: costos de preparación, costo de inventario en proceso, tiempo ocioso, por ciento de trabajos atrasados, promedio del tiempo de los trabajos atrasados, la desviación estándar del tiempo de trabajos atrasados, número medio de los trabajos que esperan en cola, tiempo promedio para terminar un trabajo, desviación estándar del tiempo para terminar un trabajo, estas reglas deben ser evaluadas a partir de algunas medidas de efectividad como el tiempo medio de finalización, el número medio de trabajos en el sistema y el retraso medio del trabajo. Se pueden utilizar además métodos para programas ordenados como el método Johnson para n trabajos y solo dos puestos, el de Campell-Dudeck-Schmit (CDS) para n trabajos y m puestos.

Paso 4: Elaborar un gráfico de Gantt con los puestos necesarios para elaborar los productos a partir de residuos sólidos

El gráfico de Gantt se utiliza para la programación de actividades, para tener una idea clara del tiempo que va a tardar cada una de estas en realizarse, además para administrar los recursos que se van a utilizar en cada actividad, ya sean humanos o de tiempos, ya que en el desarrollo de un proceso es común que se disponga de recursos limitados para la ejecución de acciones, siendo un instrumento de bajo costo y extrema simplicidad en su utilización. Este gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en que se indica:

- En el eje horizontal: un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.
- En el eje vertical: las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.
- Símbolos convencionales: en la elaboración del gráfico de Gantt se acostumbra utilizar determinados símbolos, aunque pueden diseñarse muchos otros para atender las necesidades específicas del usuario. Los símbolos básicos son los siguientes:
    - ✓ Iniciación de una actividad.

- ✓ Término de una actividad.
- ✓ Línea fina que conecta a dos "L" invertidas. Indica la duración prevista de la actividad.
- ✓ Línea gruesa. Indica la fracción ya realizada de la actividad, en términos de porcentaje. Debe trazarse debajo de la línea fina que representa el plazo previsto.
- ✓ Plazo durante el cual no puede realizarse la actividad. Corresponde al tiempo improductivo puede anotarse encima del símbolo utilizando una abreviatura
- ✓ Indica la fecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir, en que se hizo la comparación entre las actividades previstas y las efectivamente realizadas.

Paso 5: Desplegar en el gráfico de Gantt las capacidades comprometidas con los productos principales

Este paso tiene como objetivo determinar gráficamente las capacidades disponibles en cada uno de los puestos una vez programadas las operaciones de los productos de la producción principal que se desarrolla en la entidad.

Paso 6: Programar los lotes de productos elaborados a partir de residuos de las capacidades disponibles en cada puesto

Una vez determinado los lotes de producción que se pueden elaborar a partir de los residuos sólidos, estos se representan en un gráfico de Gantt, con el objetivo de programar estos nuevos artículos en las capacidades disponibles de cada puesto de trabajo, después de realizadas las producciones principales.

ETAPA IV: Elaboración de los productos

En esta etapa se realiza la producción de los nuevos productos a partir de los residuos disponibles, para ello se han de propiciar unas condiciones favorables para su ejecución efectiva, se debe comunicar y hacer partícipes a las personas que se verán implicadas, establecer los programas de capacitación necesarios, y eliminar las posibles resistencias al cambio que puedan existir. En tanto requiere de la decisión de la alta dirección de la empresa y de estimar el presupuesto necesario para los puestos de trabajo adicionales que sean necesarios y para posibles inversiones pequeñas que deben ser evaluadas.

Los niveles de compromiso deben establecerse entre las partes implicadas, ya que estas se encuentran en estrecha relación conformando un sistema y el cumplimiento exitoso de una depende de la anterior.

Es de interés el hecho de que los productos que se elaboren a partir de residuos sólidos, permitan incrementar las ventas y elevar la utilización de los equipos y operarios con capacidad sobrante, evitando el despido del personal que puede ser empleado en otras tareas, sin embargo, ese

incremento de ventas debe garantizar la recuperación de todos los gastos e inversiones que se requieran para la elaboración de los productos.

ETAPA V: Seguimiento y control

Esta etapa, tiene como propósito mantener un control de los productos después de que se comiencen a elaborar, verificando que se cumplan las cantidades establecidas. Es importante además no desestimar la posibilidad de incorporar nuevos productos a partir de los residuos sólidos que se vayan generando y eliminar aquellos para los cuales no se obtengan las cantidades necesarias de los residuos, constituyendo una retroalimentación del procedimiento a implementar.

Como indicadores de control a considerar en esta etapa deben ser analizados al menos los siguientes:

- ✓ Cumplimiento de la producción planificada.
- ✓ Ingresos por conceptos de ventas a partir de la utilización de residuos sólidos.
- ✓ Reducción del tiempo ocioso de máquinas y operarios.
- ✓ Reducción del impacto ambiental.

No debe olvidarse que el estado ideal de una organización, será aquel en que la cantidad de residuos obtenidos sea nula, por lo que las mejoras en la empresa en cuanto a la reducción de los mismos en las producciones principales no debe cesar. Otro elemento a considerar es que el objeto social fundamental de la organización no se debe perder de vista, o sea que por muchas ventas que generen los productos obtenidos a partir de residuos, la atención mayor de la alta dirección de la organización debe enfocarse hacia las producciones fundamentales.

2.5 Conclusiones parciales

1. El modelo conceptual elaborado se pudo traducir en un procedimiento general, con métodos y herramientas de trabajo específicas para el objeto práctico analizado. No obstante a ello debe precisarse que el procedimiento como tal solo refleja el desarrollo de la alternativa de programación de productos
2. La planeación estratégica implementada hasta el año 2014 en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio, no tiene definidas entre sus líneas de acción los procesos de logística inversa.
3. La estructura lógica-secuencial del procedimiento propuesto, la descripción clara y precisa de lo que se debe realizar en cada paso, así como los retrocesos en los casos que se requieran, conduce a que su aplicación sea viable, es decir, que tenga un carácter práctico, ya que permite llevar a cabo un proceso complejo de forma relativamente simple.

4. El procedimiento propuesto permite diseñar el programa de producción, el cual facilitará que se realice la fabricación de estos artículos teniendo en cuenta su demanda, las capacidades disponibles y las necesidades de nuevos insumos.
5. Como base del procedimiento diseñado se utilizan varias herramientas, entre las que se encuentran el método Delphi, la programación lineal, el gráfico de Gantt, así como otras técnicas gerenciales y matemáticas, cuya combinación permite la elaboración de productos a partir de residuos sólidos, con un esperado incremento de las ventas y una mayor utilización de la fuerza de trabajo y el equipamiento de la producción principal.

Capítulo III

Capítulo III. Aplicación del procedimiento propuesto en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio de la Empresa Constructora Militar No 3 de Villa Clara.

3.1 Introducción

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en cada una de las etapas del procedimiento diseñado para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos, descrito en el capítulo II de la presente investigación, con el objetivo de comprobar la hipótesis de la investigación; aplicado en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio perteneciente a la empresa Constructora Militar N^{o} 3 de Villa Clara.

3.2 Aplicación del procedimiento propuesto en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio

Para la aplicación del procedimiento se deben analizar las cinco etapas que lo componen, de manera que se logre realizar satisfactoriamente la investigación.

Etapa I: Análisis estratégico de los residuos

La preparación del estudio consta de una serie de pasos, tal y como se muestra a continuación:

Paso 1: Conformación del equipo de trabajo

Para conformar el equipo de trabajo se calcula primeramente el número de expertos necesarios, utilizando la fórmula 2.1

$$M = \frac{0.01 * (0.99) * 6.6564}{0.10^{2}} \qquad (2.1)$$

$$M = \frac{0.06589}{0.01}$$

$$M = 6.589 \approx 7$$

Teniendo en cuenta el nivel de exactitud con que se quiere obtener los datos, se utiliza un nivel de confianza del 99 %, el parámetro k = 6.6564, se considera un nivel de precisión (i) de 0,10 y una proporción de error (p) de 0,01.

Se obtuvo que son necesarios 7 expertos, los cuales se eligieron a través del método de Hurtado de Mendoza (2003), a partir de la evaluación de 15 expertos de la entidad, el desarrollo de esta técnica se explica en el Anexo 3. Los expertos seleccionados son los que alcanzaron los mayores coeficientes de competencia, cuyos nombres, cargo y años de experiencia en la organización se muestran en la tabla 3.1

Posteriormente se llevó a cabo la capacitación de los expertos con el objetivo de ampliar sus conocimientos en lo referente al tema, darles a conocer el propósito de la investigación y la necesidad de contar con un procedimiento para la elaboración de productos a partir de residuos sólidos. Se explicaron además las técnicas de trabajo en grupo, con vistas a lograr las metas propuestas.

Tabla 3.1 Expertos seleccionados.

No.	Miembros	Cargo	Experiencia (años)
1	Ing. Gumersindo Corzo	Director ingeniero principal	11
2	Ing. Manuel Gonzáles	Especialista en producción	11
3	Ing. Damián Delgado Negrin	Especialista en producción	11
4	Ing. Danae Rivera Cardoso	Especialista en producción	2
5	Ing. Dunia Alvarado González	Gerente Comercial	11
6	Ing. Yeny Morales	Técnico de producción	11
7	Tec. Ilaydis Cartaya Díaz	Especialista de Calidad	11

Paso 2: Familiarización del equipo con el entorno productivo

La Unidad Básica Carpintería de Aluminio se dedica a la producción y comercialización de elementos de carpintería de aluminio, así como la instalación de estas producciones en los polos turísticos de Ciudad Habana, Varadero, Cayeria Norte de Villa Clara, Ciego de Ávila y Holguín, tanto a entidades nacionales como extranjeras. Para la realización de estas producciones la entidad cuenta con cuatro almacenes, tres de ellos destinados al almacenamiento de la materia prima (perfiles y vidrio) y el otro a los insumos necesarios para la producción.

El proceso comienza con la compra de las materias primas y otros insumos en el extranjero, materializado a través de la importadora TECNOTEX, siguiendo un cronograma establecido por la UBCA, en el cual se especifica el tipo de perfil que se necesita, el color y tamaño, además se concilia la fecha de entrega. Los pedidos son recibidos en contenedores y revisados a su llegada a la empresa para controlar la seguridad en el traslado.

Para comprobar la calidad de las materias primas existe un método diseñado por la dirección de la empresa, que consiste en un muestreo aleatorio de los perfiles por tipo y color, de existir algún tipo de inconformidad se le tramita a TECNOTEX y ésta al proveedor para su posterior indemnización. En la UBCA el proceso de producción de los productos comienza con la emisión, por parte del área

comercial, de una orden de producción, la cual debe ser revisada por el departamento de producción y firmada por el director de la unidad básica.

La orden de producción está compuesta por:

- ✓ Carátula, que contiene la descripción de los productos por referencia y las cantidades a producir.
- ✓ La solicitud del material, que es un librito con la descripción de los tipos de perfiles a utilizar en cada referencia, la longitud del material que se va a cortar y los accesorios para cada referencia.
- ✓ La lista de corte: se especifican los planos de corte de los productos.
- ✓ Los planos para el ensamble: se muestran la forma de ensamble de los productos.

Esta orden pasa por el departamento de contabilidad, de ahí se emite los vales de salida, estos se despachan en el almacén y se entrega la perfilería al jefe de brigada de corte y los accesorios al jefe de brigada de ensamble. La materia prima entregada se procesa en los equipos de corte, ruteo y troquelado, teniendo en cuenta los planos y las listas de corte, luego se envía a la brigada de ensamble y es distribuida a los trabajadores, contando con una inspección de calidad al 100%, terminado el proceso productivo pasa al almacén de producción terminada, para su posterior venta.

La empresa trabaja por pedido (incluyendo la transportación) y si es necesaria, la colocación de la carpintería en la obra según contrato. El cliente puede traer diseñado su producto o ser diseñado en la propia empresa, el precio de la venta incluye la transportación y el pago se realiza a través de cheques. La representación del proceso productivo se muestra en el Anexo 4.

Paso 3: Determinación de los principales residuos

El proceso productivo en la entidad cuenta con cuatro operaciones (corte, ruteo, troquelado y ensamble), como se explicó en el paso anterior del procedimiento, los productos para su elaboración pasan indistintamente por estas cuatro operaciones, siendo común para todos ellos la de corte, los principales residuos generados en la entidad se obtienen en esta actividad. Los perfiles utilizados en la realización de las producciones principales en la entidad son procesados a través del software Corte certo, con el cual se optimiza la utilización de las materias primas y se determina la cantidad de residuos resultantes del proceso productivo. La entidad tiene un contrato establecido con la empresa de recuperación de materias primas para la recuperación de estos retales.

Los principales residuos que se obtienen en la UBCA son el vidrio y perfiles, de este último existen diferentes tipos de este material que pueden ser reutilizados en la elaboración de nuevos productos, estos son:

- ✓ Hoja perimetral
- ✓ Cerco perimetral
- ✓ Tapa hoja central
- ✓ Hoja puerta

- ✓ Cerco puerta
- ✓ Pilastra inversora
- ✓ Zoclo
- ✓ Junquillo hueco
- ✓ Pasamano
- ✓ Tapa perfil

Paso 4: Determinación de los posibles productos a elaborar

Como política la empresa tiene definido algunos productos que son de interés para nuevas producciones, así que teniendo en cuenta los residuos resultantes de las producciones principales en la UBCA y el conocimiento del factor humano en la entidad se establecen como posibles productos a elaborar los siguientes:

1. Bajo mesetas, están pueden ser de tres tipos diferentes:
   - Puerta de corredera de dos hojas
   - Puerta batiente de dos hojas
   - Puerta batiente de una hoja
2. Repisa
3. Cuadro
4. Esquinero

Paso 5: Selección y propuesta de la estrategia de Logística Inversa

A partir de la clasificación de estrategias de logística inversa, analizadas en el primer capítulo de la presente investigación, el caso de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio se define como una estrategia empresarial. Teniendo en cuenta las características que esta entidad presenta, se debe implementar una estrategia de recuperación de residuos. Por tratarse de una estrategia funcional de tipo empresarial, cuyo objetivo es contribuir al cumplimiento de la estrategia corporativa, el análisis estratégico se realiza a través una matriz DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades), ver Anexo 5 asociada a la logística inversa, apoyada en el criterio de los expertos seleccionados, lo cual permite examinar el entorno interno y externo de la organización.

Debilidades:

- No se incluye en el plan anual el aprovechamiento de los residuos
- No están identificados y/o clasificados los residuos del proceso productivo
- No se cuenta con un almacén para depositar los residuos
- No se valoran los posibles ingresos a partir de la utilización de los residuos

Amenazas:

- Existencia de actividades afines en el trabajo por cuenta propia

- Dificultades y demoras en los mecanismos de adquisición e importación de las materias primas
- Problemas para el acceso a las tecnologías, piezas de repuesto y medios de protección con elevados precios y mercado restringido
- Demanda por diferentes organismos de la fuerza de trabajo con que se cuenta

Fortalezas:

- Recursos humanos con calificación para ejercer el trabajo
- Se cuenta con el equipamiento necesario para realizar las nuevas producciones
- Existencia de residuos con posibilidades de aprovechamiento para obtener nuevos productos
- Contar con un programa automatizado para la ejecución de las producciones

Oportunidades:

- Existencia de un programa inversionista de viviendas en crecimiento
- Presencia de pocas empresas que desarrollen esta actividad
- Demanda en el mercado de los posibles productos a elaborar
- Nueva política de reciclaje en el país, a tenor con los lineamientos aprobados en el VI Congreso del PCC

A partir de analizar el total de impactos en la matriz, se aprecia que la mayor cantidad se presenta en el cuadrante N^{o}.1, fortalezas y oportunidades, por lo que la UBCA deberá seguir estrategias de desarrollo, de crecimiento y totalmente ofensivas aprovechando al máximo sus ventajas competitivas y las oportunidades que le brinda el entorno, para ello podrá elaborar productos a partir de residuos sólidos resultantes de las producciones principales de la entidad, lo que constituirá una vía para incrementar ventas y elevar la utilización de los equipos y operarios, que en determinados periodos carecen de contenido de trabajo.

ETAPA II: Determinación de los parámetros necesarios para el diseño del programa de producción

En esta etapa, a través de la utilización de un modelo de programación lineal, se determina la cantidad de productos posibles a elaborar, para ello es necesario estimar la demanda de los mismos, la cantidad de residuos, de insumos, así como la capacidad disponible del proceso, teniendo en cuenta las características de cada producto especificadas en su secuencia tecnológica.

Paso 1: Estimación de la demanda de productos.

Para estimar la demanda de los nuevos productos se utiliza el método Delphi, pronosticando la misma para un período estratégico de 3 años, durante la aplicación de esta técnica se utilizan los expertos seleccionados en la primera etapa del procedimiento, para ello se realizan tres rondas de

preguntas, cuyo desarrollo se muestra en el anexo 6, con el objetivo de determinar la demanda máxima de los productos establecidos anteriormente, estos datos se muestran en la tabla 3.2.

En la primera ronda se solicita a los expertos que determinen la demanda máxima de los productos para tres años según sus consideraciones y apoyándose en su experiencia y conocimiento, los datos obtenidos son procesados para determinar el promedio y el rango. En la segunda ronda se realizan los mismos pasos que en la primera, con la diferencia que en ella, los expertos (por separado) deben expresar los factores que tuvieron en cuenta para determinar la demanda de los nuevos productos.

En la tercera ronda se muestra a todos los expertos los factores expresados por el resto y se les exige que vuelvan a estimar la demanda, además se calcula el promedio y el rango de los valores, este último debe ir disminuyendo a medida que pasan las rondas comprobando la veracidad de aplicación de la técnica. Los valores promedios obtenidos en esta ronda serán los utilizados como la demanda de los nuevos productos. A continuación se muestran los factores para determinar la demanda en los que se basaron los expertos para arribar a conclusiones:

- Número de viviendas en construcción.
- Cantidad de viviendas en rehabilitación y remodelación.
- Disponibilidad de producciones similares, realizadas en madera.
- Nivel de ingreso de la población.
- Precio de venta de los productos.
- Demanda de los productos en el mercado.

Tabla 3.2 Demanda de los productos en unidades al año.

Productos	**Demanda (unidades/año)**		
	2013	**2014**	**2015**
Bajo mesetas	320	400	465
Repisa	66	86	110
Cuadro	90	120	150
Esquinero	155	200	262

Debe tenerse en cuenta que las demandas del segundo y tercer año pueden sufrir variaciones, dependiendo de la aceptación que posean los productos al ser lanzados al mercado, pues son artículos nuevos. Por similitudes en su utilización, los expertos consideran que los tres productos que pertenecen a la clasificación de bajo mesetas deben tener igual demanda.

Paso 2: Diseño del proceso tecnológico de cada producto

A partir de información obtenida en la UBCA se determinan los parámetros necesarios para el desarrollo del procedimiento. En la tabla 3.3 se muestran los tiempos unitarios de los productos por

cada una de las operaciones, estableciendo además por cuales de ellas pasa cada artículo para su elaboración.

Tabla 3.3 Tiempo unitario por operación en segundos.

Operaciones / Productos	Corte	Ruteo	Troquelado	Ensamble
Corredera de 2 hojas	0.45	-	2.083	4.166
Puerta de 2 hojas	1.66	2.00	2.00	13.09
Puerta de 1 hoja	0.83	1.25	1.00	7.50
Repisa	0.3	-	0.232	-
Cuadro	0.18	-	0.232	2.788
Esquinero	0.15	-	0.232	2.788

En las tablas de la 3.4 a la 3.9 se muestra el consumo de materiales e insumos de cada uno de los nuevos productos a elaborar, determinados por un tecnólogo de la organización, los planos de estos productos se muestran en el Anexo 7.

Tabla 3.4 Consumo de materiales e insumos de la puerta de corredera de 2 hojas en materiales por unidad.

Materiales / Producto	Hoja perimetral	Cerco perimetral	Tapa hoja central	Cristal (m^2)
Corredera de 2 hojas	1.274	1.95	0.677	0.29

Insumos	Escuadra hoja S/4600	Escuadra cerco y fijo S/4600	Rueda graduable nylon S/4600	Kit perimetral S/4600	Cierre embutido S/4600	Felpa gris con alma de plástico 7x6
Cantidad (u)	8	4	4	1	2	1

Tabla 3.5 Consumo de materiales e insumos de la puerta de 2 hojas en materiales por unidad

Materiales / Producto	Hoja puerta chica	Hoja puerta grande	Cerco puerta	Pilastra inversora	Junquillo hueco	Cristal (m^2)
Puerta de 2 hojas	0.402	1.396	2.679	0.672	0.816	0.156

Insumos	Goma (mm)	Juego de tapa inversora	Goma burbuja aleta	Bisagra	Pasador trinco	Unión pilastra puerta	Escuadra europea puerta
Cantidad (u)	3.404	1	1	4	2	4	6

Tabla 3.6 Consumo de materiales e insumos de la puerta de 1 hoja en materiales por unidad

Materiales / Producto	Hoja puerta chica	Hoja puerta grande	Cerco puerta	Pilastra inversora	Junquillo hueco	Cristal (m^2)
Puerta de 1 hojas	0.361	1.396	1.95	0.288	0.756	0.105

Insumos	Goma aleta (mm)	Goma burbuja aleta 309-407-C2 6000	Bisagra grip 3 palas 3M/M 6000	Escuadra europea puerta MT 2836 C 6000
Cantidad (u)	1.58	1	3	4

Tabla 3.7 Consumo de materiales de la repisa en materiales por unidad

Materiales / Productos	Pasamano chico	Pasamano grande	Tapa perfil chica	Tapa perfil grande	Cristal (m^2)
Repisa	0.3	2	0.3	2	0.22

Tabla 3.8 Consumo de materiales e insumos del cuadro en materiales por unidad

Materiales / Producto	Pasamano grande	Tapa perfil grande	Cristal (m^2)
Cuadro	0.7	0.7	0.06
Insumos	Escuadra hoja S/4600		
Cantidad (u)	4		

Tabla 3.9 Consumo de materiales e insumos del esquinero en materiales por unidad

Materiales / Producto	Pasamano grande	Tapa perfil grande	Cristal (m^2)
Esquinero	0.9	0.9	0.09
Insumos	Silicona		
Cantidad (ml)	1		

Paso 3: Estimación de la cantidad de residuos por tipo

Posterior al estudio realizado del proceso productivo y determinados los residuos principales en la entidad, se seleccionaron las producciones de puertas, balconeras y barandas de un año (2012), por ser las que proporcionan los retales necesarios para la producción de los nuevos productos, como se muestra en la tabla 3.10.

Materiales	Dimensión de los materiales (m)	Cantidad total (m)
Hoja perimetral	1.1	1727.04
	0.623	
Cerco perimetral	1.781	6481.86
	0.781	
Tapa hoja central	1.931	4885.43
Hoja puerta	0.479	75.54
	0.77	251.97
	0.978	
	0.67	
	1.59	
Cerco puerta	1.18	123.61
	0.47	
	0.57	
	0.67	
	1.48	
Pilastra inversora	1.641	245.84
Zoclo	0.619	12.74
Junquillo hueco	0.56	53.78
Pasamano	0.411	253.62
	0.893	551.05
Tapa perfil	0.411	253.62
	0.893	551.05
Cristal	0.528x1.262	421.45 (m^2)

Tabla 3.10 Residuos resultantes.

Paso 4: Determinación de las capacidades disponibles en la producción principal (hombres y máquinas)

En este paso se analiza el régimen de trabajo establecido en la UBCA, así como el registro de la cantidad de días y las horas trabajadas al mes. Estos datos son aportados por el departamento de Recursos Humanos, señalando que se laboran ocho horas al día en dos turnos por jornada laboral. Por estudios anteriores se conoce que el aprovechamiento de la jornada laboral en la UBCA es de un 92%.

La empresa cuenta con cuatro equipos de corte, dos de ruteo y tres de troquelado, además de 22 obreros que se encargan de la operación de ensamble. La relación hombre máquinas es de un obrero por cada máquina. En la tabla 3.11 se muestra el tiempo empleado en cada puesto de trabajo mensualmente, el fondo de tiempo total y el disponible para un año de trabajo. Para determinar el fondo de tiempo total disponible en la entidad se utiliza la fórmula 2.5 Ft = 8 h/t * 2 t/d *284 d/año * 0.92 = 4180 horas/año - equipo, obrero.

Paso 5: Cálculo de la cantidad de productos posibles con los recursos, otros materiales y capacidades disponibles

Para determinar la cantidad posible de productos a elaborar por tipo, con los residuos y capacidades disponibles y teniendo en cuenta la demanda máxima determinada por los expertos, se utiliza el software WinQSB. En la figura 3.1 se muestran las restricciones que posee el problema, intentando maximizar los ingresos de la entidad a partir del precio de venta de los artículos, lo que constituye la función objetivo de la situación planteada.

Tabla 3.11 Determinación de las capacidades disponibles en horas al mes.

.Operaciones / Meses	Corte (4 quipos)	Ruteo (2equipos)	Troquelado (3 equipos)	Ensamble (22 obreros)
Enero	1024	410	690	3444
Febrero	1060	424	717	3626
Marzo	748	300	504	3444
Abril	760	304	513	3090
Mayo	776	310	522	3856
Junio	640	256	432	3118
Julio	672	268	453	3662
Agosto	716	286	483	3694
Septiembre	724	290	489	3852
Octubre	760	304	513	4060
Noviembre	792	316	534	4122
Diciembre	400	160	270	2156
Tiempo total trabajado (horas/año)	9072	3628	6120	42124
Tiempo total (horas/año)	16720	8360	12540	91960
Tiempo disponible (horas/año)	7648	4732	6420	49836

Las variables que intervienen en el problema son:

X_1: Puerta de corredera de dos hojas

X_2: Puerta batiente de dos hojas

X3: Puerta batiente de una hoja

X4: Repisa

X5: Cuadro

X6: Esquinero

Variable -->	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Direction	R. H. S.
Maximize	125,9	64,21	42,22	33,8	5,93	16,98		
C1	1						<=	320
C2		1					<=	320
C3			1				<=	320
C4				1			<=	66
C5					1		<=	90
C6						1	<=	155
C7	1,274						<=	1727,04
C8	1,95						<=	6481,86
C9	0,677						<=	4885,43
C10	0,29	0,156	0,105	0,22	0,06	0,09	<=	421,45
C11		0,402	0,361				<=	75,54
C12		1,396	1,396				<=	251,97
C13		2,679	1,95				<=	123,61
C14		0,672					<=	245,84
C15			0,288				<=	12,74
C16		0,816	0,756				<=	53,78
C17				0,3			<=	253,62
C18				2	0,7	0,9	<=	551,05
C19	0,45	1,66	0,83	0,3	0,18	0,15	<=	7648
C20		2	1,25				<=	4732
C21	2,083	2	1	0,232	0,232	0,232	<=	6420
C22	4,166	13,09	7,5		2,788	2,788	<=	49836
LowerBound	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer		

Figura 3.1 Datos introducidos en el WinQSB

La solución de forma reducida a este problema se muestra en la figura 3.2, mientras que la solución ampliada se muestra en el Anexo 8.

05-19-2013 23:48:47	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	Corredera	320,0000	125,9000	40.288,0000	0	basic
2	Dos hojas	46,0000	64,2100	2.953,6600	0	basic
3	Una hoja	0	42,2200	0	42,2200	at bound
4	Repisa	66,0000	33,8000	2.230,8000	0	basic
5	Cuadro	90,0000	5,9300	533,7000	0	basic
6	Esquinero	155,0000	16,9800	2.631,9000	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	48.638,0600		

Figura 3.2 Solución reducida del WinQSB.

Con los recursos disponibles se pueden realizar cinco de los seis productos posibles, la demanda máxima puede ser cubierta, exceptuando el caso de la puerta batiente de dos hojas, mientras que los ingresos obtenidos por estas producciones, a partir del precio de venta inicial aportado por el departamento Comercial de la entidad, pueden ascender a 48 638,06 c.u.c. al año.

Paso 6: Determinación de la disponibilidad de otros materiales y capacidades que sean necesarias

Posterior a determinar la cantidad de productos posibles a elaborar con los residuos y teniendo en cuenta el tiempo disponible, después de realizada la producción principal, se procede entonces a calcular la cantidad de insumos necesarios para la elaboración de los nuevos artículos (ver tabla 3.12), teniendo en cuenta las necesidades establecidas en el paso dos de la segunda etapa del procedimiento.

Tabla 3.12 Determinación de la cantidad de insumos al año.

Producto / Insumos	Corredera de 2 hojas (320unidades)	Puerta batiente de 2 hojas (46 unidades)	Cuadro (90unidades)	Esquinero (155 unidades)	Total (unidades)
Escuadra hoja	8		4		2920
Escuadra cerco y fijo	4				1280
Rueda graduable nylon	4				1280
Kit perimetral	1				320
Cierre embutido	2				640
Felpa gris 7x6	1				320
Goma aleta (mm)		3.404			157 (mm)
Juego de tapa inversora		1			46
Goma burbuja aleta		1			46
Bisagra grip 3 palas		4			184
Pasador euro trinco 220 MM		2			92
Unión pilastra puerta		4			184
Escuadra europea puerta MT 2836 C		6			276
Silicona (ml)				1	155 (ml)

ETAPA III: Programación de la producción

En esta etapa se especifican las relaciones secuenciales de las tareas, el tiempo de procesamiento de los lotes en cada operación y el orden de procesamiento de estos, lo cual permite mediante un

gráfico de Gantt programar los lotes de productos elaborados a partir de las capacidades disponibles en cada puesto de trabajo.

Paso 1: Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas

El proceso productivo posee cuatro operaciones, corte, ruteo, troquelado y ensamble. Los productos que se elaboran no pasan por todas las operaciones, por lo que las relaciones secuenciales se muestran en la tabla 3.13 y de forma gráfica en el Anexo 9.

Tabla 3.13 Relaciones secuenciales entre las tareas

Tareas	Tareas que debe preceder
Corte (C)	-
Ruteo (R)	C
Troquelado (T)	C; R
Ensamble (E)	T

Paso 2: Determinación del tiempo requerido para cada lote de los productos a obtener a partir de los residuos.

En este paso se determina el tiempo requerido para la elaboración de cada lote en cada operación, para esto se hace necesario tener definido el tamaño de los lotes a producir en la entidad.

Teniendo en cuenta la cantidad de productos que mensualmente (como promedio), se fabrican en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio, no es necesario determinar el lote de productos, ya que este será equivalente a la cantidad de productos que se elaboren. La cantidad de artículos a producir mensualmente, así como el tiempo requerido por lote se muestran en la tabla 3.14, para la cual fue necesario auxiliarse en los datos reflejados en la tabla 3.3.

Tabla 3.14 Tiempo requerido para la elaboración de los lotes de producción en minutos

Productos	Cantidad (u/mes)	Corte (min)	Ruteo (min)	Troquelado (min)	Ensamble (min)
A- Puerta de corredera de dos hojas	27	13	-	57	113
B- Puerta batiente de dos hojas	4	7	8	8	53
C- Repisa	6	1.8	-	2	-
D- Cuadro	8	1.5	-	2	23
E- Esquinero	13	2	-	4	37

Paso 3: Determinar las secuencias entre los lotes de productos a elaborar

Para determinar la secuencia de procesamiento de los lotes de productos se utiliza la regla del tiempo de procesamiento mínimo, porque esta regla prioriza la tarea con menor duración en la primera operación, garantizando que se desocupe más rápido esa máquina y la tarea pase a otros

puestos, agilizando de esa forma el flujo de trabajo. Tomando en consideración lo mostrado en el paso anterior la secuencia de los lotes sería:

D - C - E - B – A

O sea se realizarán los productos en el siguiente orden: los cuadros, las repisas, los esquineros, la puerta batiente de dos hojas y la puerta de corredera de dos hojas.

Paso 4: Elaborar un gráfico de Gantt con los puestos necesarios para la elaboración de los productos

Se grafica la secuencia del tiempo de los productos propuestos en cada una de las operaciones del proceso productivo, para ello se tienen en cuenta los datos mostrados en la tabla 3.14. Por las características del proceso se utiliza un desplazamiento consecutivo para lograr continuidad de los lotes de productos en cada operación. El orden de procesamiento de los artículos será el determinado en el paso anterior y se muestra en la figura 3.3 Al evaluar el resultado del gráfico, se obtiene que los nuevos productos se pudieran realizar, aproximadamente en 4 horas.

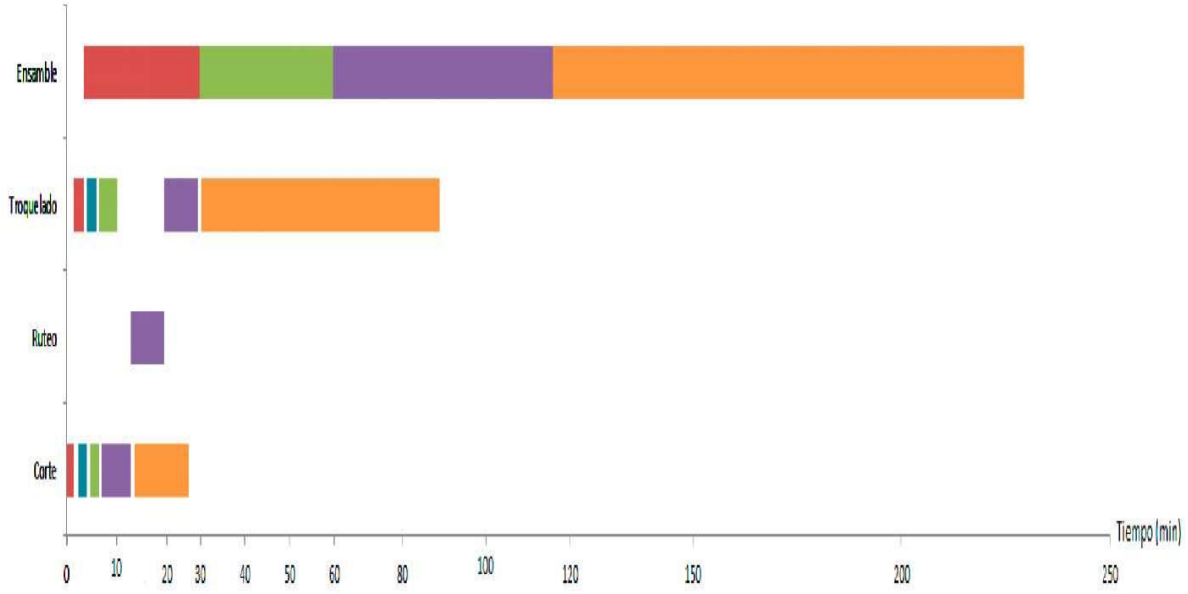
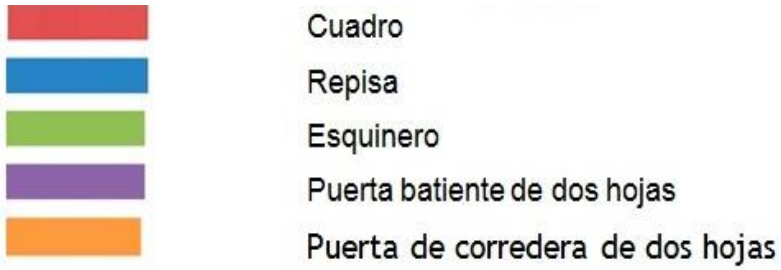


Figura 3.3 Gráfica de Gantt para la programación de los nuevos productos**.**

Leyenda:



Paso 5: Desplegar en el gráfico de Gantt las capacidades comprometidas con los productos principales.

Con el objetivo de determinar gráficamente las capacidades comprometidas con la producción principal de la entidad se realiza un gráfico de Gantt para el mes de febrero del 2012, tomándose éste, como significativo por ser el período del año donde se utilizó la mayor cantidad de fondo de tiempo de equipos y operarios, por lo que se procede a representar gráficamente la secuencia del tiempo de fabricación de las producciones principales de la Unidad Básica, como se muestra en la figura 3.4

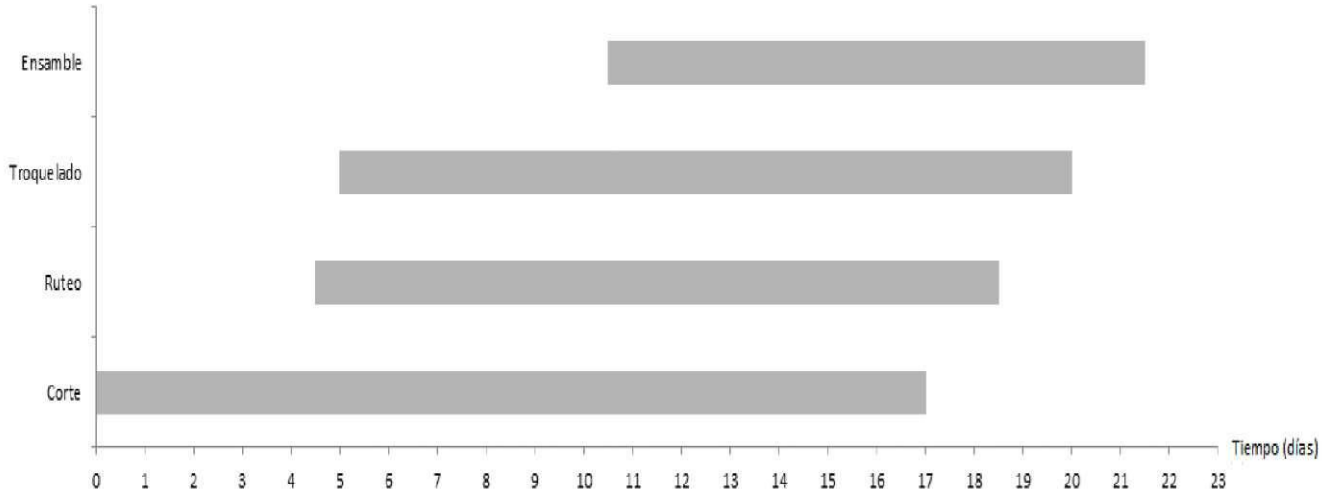


Figura 3.4 Gráfica de Gantt para la programación de la producción principal.

Paso 6: Programar los lotes de productos elaborados a partir de las capacidades en cada puesto

En este paso se grafica la secuencia de tiempo de las producciones principales y los nuevos productos propuestos con el propósito de programar la producción de nuevos artículos en las capacidades disponibles de los puestos de trabajo, después de realizada la producción principal de la entidad.

Después de analizada la representación gráfica que aparece en la figura 3.5, se comprueba que la entidad puede asumir la producción mensual de los nuevos productos elaborados a partir de residuos sólidos.

3.3 Elaboración de los productos.

Durante el mes de febrero del 2013 se dio un total cumplimiento a los niveles de producción elaborada a partir de los residuos sólidos plasmados en la figura 3.5, dado a que en este periodo se disponía de los residuos sólidos necesarios para su ejecución.

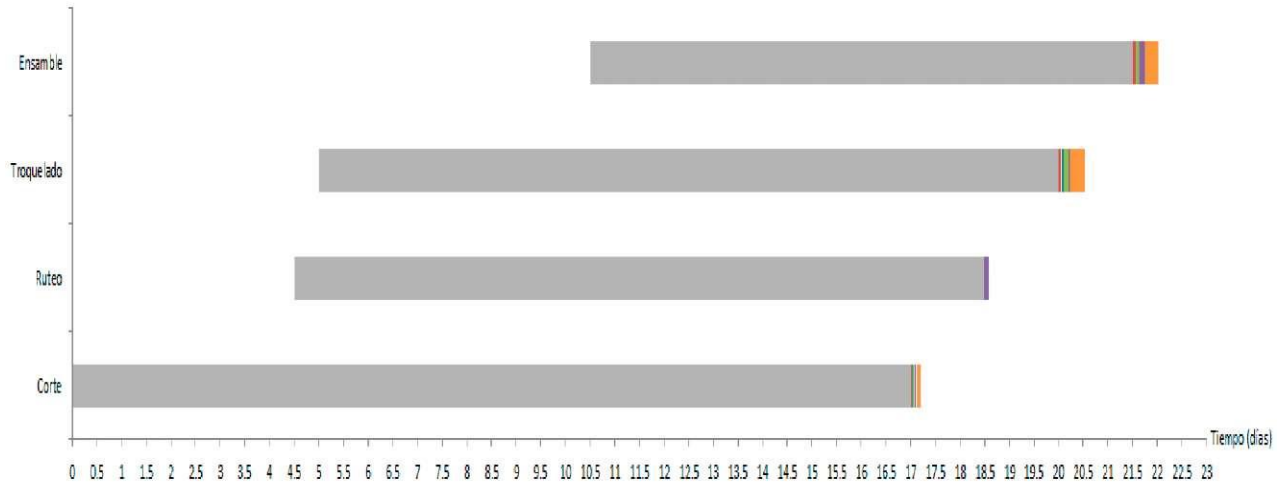
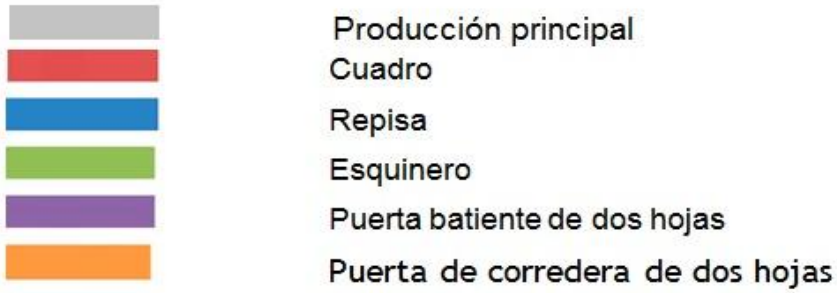


Figura 3.5 Gráfica de Gantt para la programación de los nuevos productos en la realización de la producción principal.

Leyenda:



3.4 Seguimiento y control.

Como parte de esta etapa se procede al seguimiento de la programación realizada en el gráfico de Gantt para garantizar su cumplimento, mientras que en el control se determinaron los indicadores planteados en el segundo Capítulo, siendo su comportamiento el siguiente:

- ✓ Cumplimiento del 100% del plan de producción elaborado a partir de los residuos sólidos.
- ✓ Se reduce la emisión de residuos generados por la producción principal en más de 2 400 m de aluminio y 130 m^2 de vidrio, en el período de un año.
- ✓ Los ingresos obtenidos por la elaboración de los nuevos artículos alcanzarían más de 48 000 c.u.c al año, teniendo en cuenta el precio inicial aportado por el departamento Comercial de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio.
- ✓ La elaboración de los nuevos productos contribuye a reducir mensualmente el tiempo ocioso en cada puesto de trabajo, en un valor aproximado de 4 horas.

Capítulo III

3.5 Conclusiones parciales.

1- El análisis de la estrategia de logística inversa en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio arrojó que la entidad debe implementar una estrategia de tipo ofensiva para la recuperación de residuos.

2- El conocimiento del entorno productivo permitió identificar que los principales residuos de la entidad son el aluminio de diferentes tipos y el vidrio, con los cuales se pueden elaborar 6 tipos de productos de interés para la organización.

3- Teniendo en cuenta los residuos resultantes de las producciones principales, la demanda máxima de los productos y las capacidades disponibles en la producción se determinó que la cantidad máxima posible de nuevos productos a producir en un año es de 677 unidades obteniendo ingresos de más de 48 000 c.u.c al año.

4- Utilizando un gráfico de Gantt se realizó la programación de la producción, incorporando los nuevos productos a las secuencias en el tiempo de las producciones principales en la entidad, por lo que se pudo comprobar que la entidad puede asumir la producción mensual de estos artículos elaborados a partir de residuos.

5- Con la aplicación del procedimiento se pudo comprobar que al elaborar los nuevos productos se está disminuyendo la emisión de residuos al medio ambiente, se aumentan las ventas y se logra reducir el tiempo ocioso de los puestos de trabajo que intervienen en el proceso.

Conclusiones

Conclusiones generales.

Al finalizar la presente investigación, se arribaron a las conclusiones siguientes:

1. Los resultados obtenidos en la construcción del marco teórico - referencial de la investigación, confirmaron la existencia de una base conceptual actualizada sobre la temática abordada. Sin embargo no se encontró un procedimiento debidamente establecido para la utilización de residuos sólidos en la elaboración de una línea de nuevos productos, orientados a incrementar la gama de producciones ofrecidas, en entidades como la Unidad Básica Carpintería de Aluminio.
2. La caracterización de la Empresa Constructora Militar N^{o} 3 y la Unidad Básica Carpintería de Aluminio permitió conocer que no existe una proyección estratégica vinculada al desarrollo y gestión de la logística inversa.
3. La elaboración de un modelo conceptual con su procedimiento específico para el aprovechamiento de residuos sólidos en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio, permite desarrollar una línea de nuevos productos, lo cual mejora la gestión empresarial de esta organización.
4. Los nuevos productos propuestos permiten alcanzar ingresos superiores a los 48000 c.u.c al año, mejora la gestión ambiental de la entidad, así como el aprovechamiento del equipamiento instalado y los recursos humanos disponibles.
5. Se logró validar la hipótesis de la investigación al aplicar el procedimiento para el aprovechamiento de residuos sólidos en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio, contribuyendo así a cumplimentar los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución y sentar las bases para la realización de estudios posteriores relacionados con esta temática.

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Continuar aplicando el procedimiento elaborado como una herramienta de trabajo en la gestión productiva de la entidad.
2. Establecer un área para el almacenamiento de los residuos en la entidad, que facilite su utilización.
3. Presentar a la Dirección Provincial de Finanzas y Precios la ficha de costo para la aprobación del precio de los nuevos productos a elaborar en la Unidad Básica Carpintería de Aluminio.
4. Exponer los resultados de la investigación al nivel superior, para su posible aplicación en otras organizaciones de la Unión de Construcciones Militares.

Bibliografía

Bibliografías

1. Angulo Rivera, J. C., 2009.*Logística inversa.* [En línea]
   Obtenido en: http://www.monografias.com/trabajos15/logistica/logistica.shtml
   [Último acceso: 20 febrero 2013].
2. Anderson, s.a. (1992).*Introducción a los modelos cuantitativos para la administración.* Grupo Editorial Iberoamericano. Barcelona.
3. *Anon., 2011.*Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución. *La Habana.*
4. Ballou, R. H., 1991.*Logística empresarial. Control y planificación.* Madrid: Díaz de Santos S.A.
5. Brito, M. P., 2004:*Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management?* Rotterdam, Editora Erasmus University Rotterdam. USA
6. CaleroVinelo, A., 1986.*Técnicas de muestreo.* La Habana. Pueblo y educación.
7. *Centro Español de Logística, 1993.*Diccionario de términos y definiciones logísticas. *España*
8. Cespón Castro, R. &Amador Auxiliadora, M., 2003.*Administración de la cadena de suministro.* Colombia: Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC.
9. Chase, R. &Aquilano, N., 1995.*Dirección y administración de la producción y las operaciones.* 6ta edición ed. Barcelona: IRWIN.
10. Chase, R. B., Jacobs, F. R. &Aquilano, N. J., 2008.*Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva.* La Habana: Félix Varela
11. *Chaves, L. D; Batalha, M. O., 2006:*Os consumidores valorizam a coleta de embalagens recicláveis? Um estudo de caso da logística reversa em uma rede de hipermercados. Gestäo & Produgäo. Dezembro. *v.13, n. 3, p. 423-435, Brasil.*
12. Comas Puller, R., 1996. La logística, origen. desarrollo y análisis sistèmico.*Logística aplicada.*
13. Companys Pascual, 1990.*Previsión tecnológica de la demanda.* Barcelona: Boixerau Marcombo.
14. *Demonte, N., 2003.*Los costos del lote de producción. *La Plata.*
15. Devoto Ratto, R. &Ruiz Vidal, E., 2003.*Programación lineal para administración.* Santiago de Chile: Universitarias de Valparaíso

Bibliografía

16. *Diaz, A. et al, 1996.*Optimización heurística y redes neuronales en dirección de operaciones e ingeniería. *Madrid. Paraninfo S.A.*
17. *Edelman, A., 2001.* Pronosticar la demanda, ejercicios de adivinación matemática o fundamento de la planificación operativa. *[En línea]*
    Obtenido en:
    http://socrates.ieem.edu.uy/articulos/archivos/202pronosticar la demanda.pdf [Último acceso: 22 febrero 2013].
18. Espejo Ortega, C., 2011. *Gráfico de Gantt.* [En línea] Obtenido en: http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/27/pertgantt.htm [Último acceso: 26 abril 2013].
19. Everett, A. & Ronald, E., 1991. *Administración de la producción y las operaciones.* Cuarta edición ed. México D.F: Prentice Hall Hispanoamericana
20. FAO, 2004. Encuesta sobre la capacidad de producción. [En línea]
    Obtenido en: http://www.fao.org/D0CREP/H25755/H2575S04.htm. [Último acceso: 22 febrero 2013].
21. Gaytán Iniestra, J., 2012. *Logística inversa. Una segunda oportunidad de negocios.* México D.F: Tecnológico de Monterrey.
22. Gómez Acosta, M. & Acevedo Suárez, J. A., 2001. *Logística moderna y la competitividad empresarial.* La Habana: Centro de estudio tecnología de avanzada (CETA) y laboratorio de logística y gestión de la producción (LOGESPRO).
23. *Hechemendía Jorge, D., 2009.* Determinación de la capacidad productiva de la unidad básica carpintería de aluminio de la empresa constructora militar de Villa Clara.
24. Hillier, F. S. & Lieberman, G. J., 1991.*Introducción a la investigación de operaciones.* 5ta edición ed. México D.F: McGraw-Hill Interamericana de México.
25. Hurtado de Mendoza, S., 2003. *Como seleccionar los expertos.* [En línea] Obtenido en:http://www.monorafia.com [Último acceso: 15 febrero 2013]
26. *Ibarra Mirón, Santiago. 2000.* Análisis de las estrategias de fabricación de las grandes empresas manufactureras radicadas en la comunidad autónoma de Cataluña. *Tesis de maestría. Universidad de Cataluña. España.*
27. *Kaufman, 1978.* Métodos y modelos de la investigación de operaciones. Tomo II. *Cuarta edición ed. México: Continental.*
28. Kazmier, L. 1989. *Análisis estadístico para la empresa y la economía nacional.* 2ª ed. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.

Bibliografía

29. *Knudsen González, J. A. (2005).* Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. Aplicación a los residuos agrícolas cañeros, el bagazo y las mieles. *Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba*
30. *Machuca, J. A. D. y otros, 1995.* Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios. *Madrid: McGraw-Hill.*
31. Magee, J. F., 1968. *Industrial logistic.*[En línea] Obtenido en: http://www.sciencedirect.com/science? ob=ArticleURL& udi=B6 [Último acceso: 22 febrero 2013]
32. Medina León, A. et al. 2002. *Técnicas de análisis empresariales en la certeza e incertidumbre.* Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Editorial FeGoSa Morelia Michoacán.
33. Miranda, A. F. y otros, 1987. *Organización y planificación de la producción II.* La Habana: ISPJAE.
34. *Oliveros, M., 2010.* Pronósticos de demandas. Universidad de los Andes. Departamento de Ciencias Administrativas. *[En línea]* Obtenido en: http://webdelprofesor.ula.ve/economia/oliverosm/materiasdictadas/produccion1/clases/ pronosticos.pdf [Último acceso: 21 febrero 2013].
35. Padrón Robaina, V., 1999. *Dirección de operaciones para empresas de servicios.* Gran Canarias: Universidad de las Palmas
36. *Pereira, G, 2000.* El uso del prototipo en el ciclo de desarrollo del sistema. *[En línea] Obtenido en:* http://www.gestiopolis.com/recuursos/documentos/fulldocs/ger/gestioproyecto.htm [Último acceso: 21 febrero 2013].
37. PILOT, 2004. *Folleto de inscripción.* [En línea] Obtenido en: http://www.logispilot.com [Último acceso: 20 febrero 2013].
38. Professional Council of Supply Chain Management, 2000.*Logistic definition.* [En línea] Obtenido en: http://www.cscmp.org [Último acceso: 22 febrero 2013]
39. Quinn, J.B, 2001. The strategic process. Concept, context, cases. New York. Irwin.
40. REVLOG, 2003. *The Europan Working Group on Reverse Logistic.*[En línea] Obtenido en: http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm [Último acceso: 15 febrero 2013]

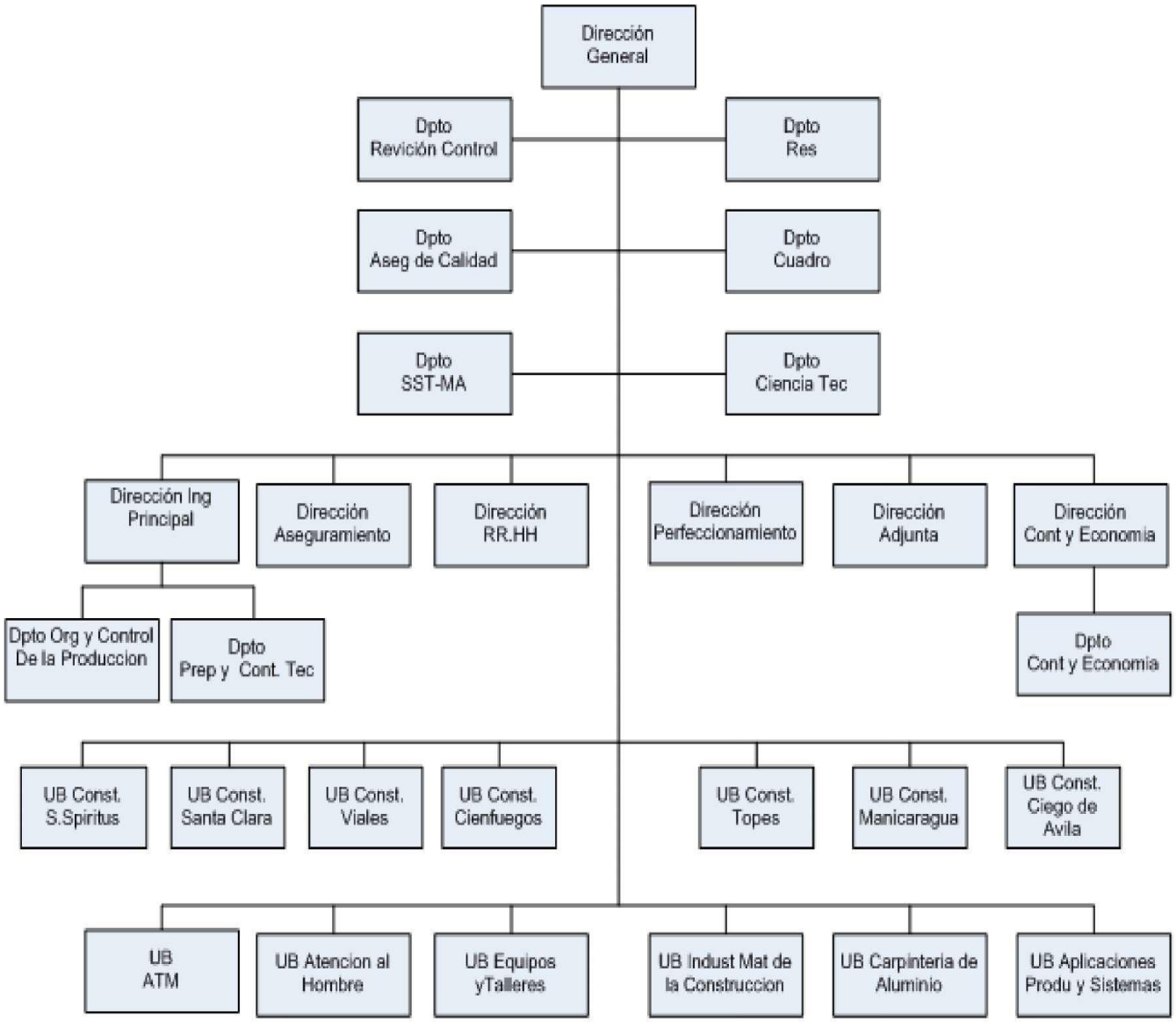
Bibliografía

41. *Ríos, M, 1983.* Análisis y descripción de los puestos de trabajo. *Madrid. Díaz de Santos*
42. Taboada Rodríguez, C. y otros, s.f. *Organización y planificación de la producción I.* La Habana: Pueblo y educación.
43. Schroeder, R., 1992. *Administración de operaciones.* Barcelona: McGraw-Hill.
44. Schroeder, R., 1995. *Administración de operaciones.* La Habana: ENSPES.
45. Sierra Romero, R., 2003. *Pronósticos y métodos. Capítulo III.* [En línea] Obtenido en: http://catarina.udlap.mx/u dl a/tales/documentos/lii/sierra r r/capitulo3.pdf [Último acceso: 21 febrero 2013].
46. *Stock, J. R. (1998).* Development and Implementation of Reserve Logistics Programs, Oak Brook, IL: Council of Logistics Management, *p. 20.*
47. *Tibben-Lembke, R. S. & Rogers, D. S., 2003.* What is reversing logistic? Reverse logistic executive council.*[En línea]* Obtenido en: http://www.rlec.org/ReverseLogisticExecutiveCouncil.htm [Último acceso: 15 febrero 2013]
48. Uriel, E, 1985. *Análisis de series temporales - Modelos ARIMA.* Madrid. Colección Abaco Paraninfo.

Anexos

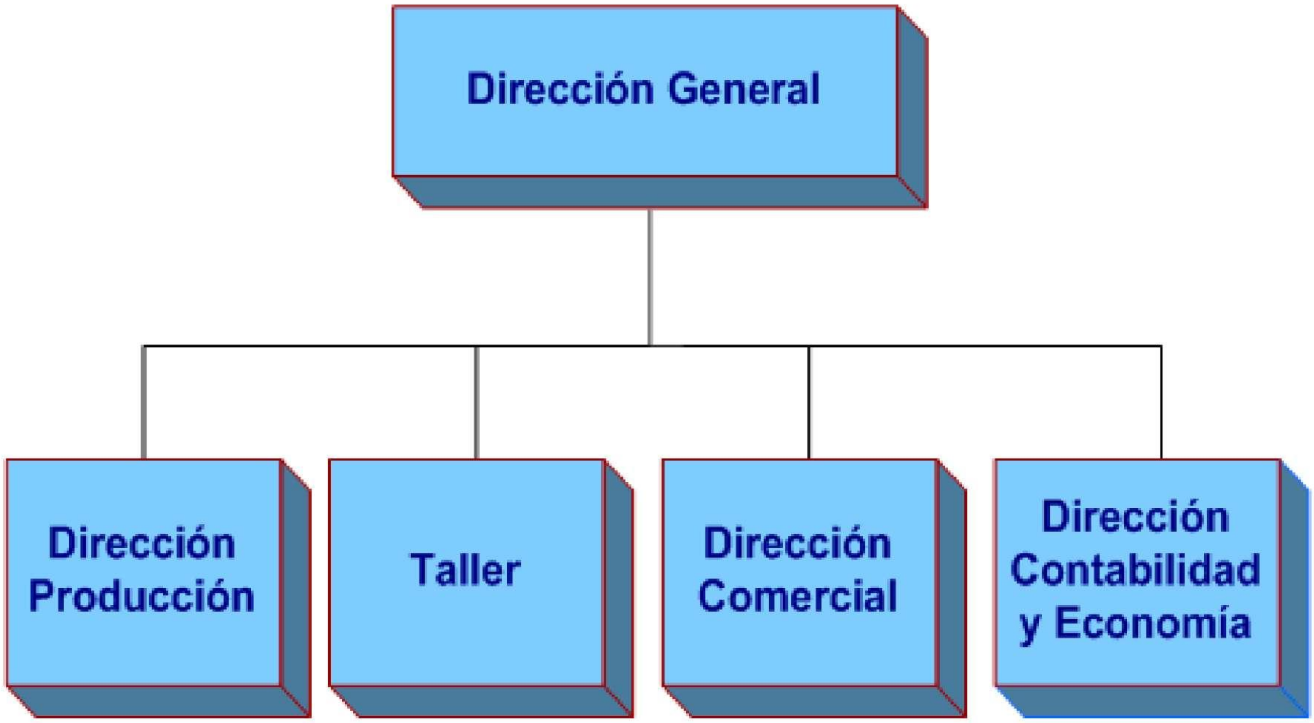
Anexos

Anexo N^{O} 1 Estructura Organizativa de la Empresa Constructora Militar N^{o} 3.



Anexos

Anexo N^{o} 2 Estructura Organizativa de la Unidad Básica Carpintería de Aluminio.



Anexos

Anexo N^{O} 3 Desarrollo del método de Hurtado de Mendoza.

a) Cálculo del coeficiente de conocimiento o información sobre el problema (Kc), este se determina mediante la auto evaluación del experto en una escala de 0 a 10. El resultado obtenido se multiplica por 0,1.

Grado de información y conocimiento del experto.

No	Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ing. Gumersindo Corzo									X	
2	Ing. Manuel Gonzáles						X				
3	Ing. Damián Delgado Negrin										X
4	Ing. Damián Gonzáles Botanas								X		
5	Ing. Yobany Herrera					X					
6	Ing. Dunia Alvarado González							X			
7	Ing. Darien Castellón Gonzáles		X								
8	Ing. Yeny Morales				X						
9	Ing. Rafael Herrera	X									
10	Ing. Omar Cabrera	X									
11	Tec. Ilaydis Cartaya Días					X					
12	Ing. Nancy Montesino	X									
13	Ing. Reinaldo Gacives Recarey				X						
14	Ing. Aurora Mora	X									
15	Ing. Hebe Marrero			X							

b) Cálculo del coeficiente de argumentación o fundamentación del problema (Ka).

No	Fuente de argumentación	Alta	Medio	Baja
1	Análisis Teórico del Experto	0,3	0,2	0,1
2	Experiencia Obtenida	0,5	0,4	0,2
3	Trabajo de Autores Nacionales	0,05	0,05	0,05
4	Trabajo de Autores Extranjeros	0,05	0,05	0,05
5	Conocimiento del Estado del Problema en el Extranjero	0,05	0,05	0,05
6	Intuición	0,05	0,05	0,05

Anexos

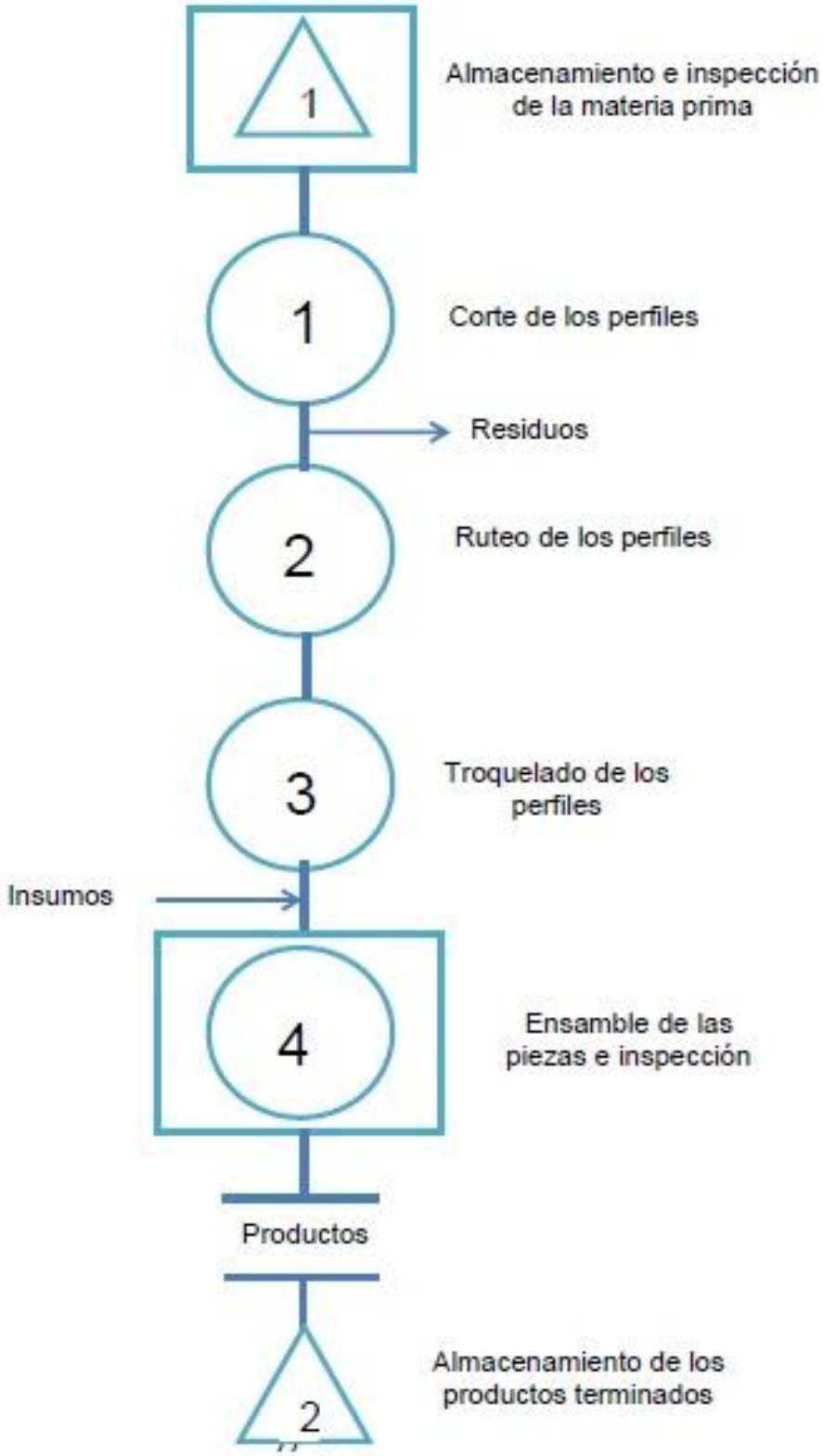
Anexo N^{o} 3 Continuación.

c) Aplicación a los expertos preseleccionados

Experto No	C	Kc	Ka	K	Coeficiente de Competencia	Seleccionado
1	9	0,9	0,95	0,93	Alto	Si
2	6	0,6	0,8	0,70	Medio	Si
3	10	1	0,95	0,98	Alto	Si
4	8	0,8	0,85	0,83	Alto	Si
5	5	0,5	0,85	0,68	Medio	No
6	7	0,7	0,85	0,78	Medio	Si
7	2	0,2	0,5	0,35	Bajo	No
8	4	0,4	0,75	0,58	Medio	Si
9	1	0,1	0,5	0,30	Bajo	No
10	1	0,1	0,6	0,35	Bajo	No
11	5	0,5	0,7	0,60	Medio	Si
12	1	0,1	0,6	0,35	Bajo	No
13	4	0,4	0,7	0,55	Medio	No
14	1	0,1	0,5	0,30	Bajo	No
15	3	0,3	0,65	0,48	Bajo	No

Anexos

Anexo N°4 Diagrama del proceso productivo.



Anexo N^{O} 5 Matriz DAFO de la logística inversa.

		Oportunidades				**Amenazas**			
		Existencia de un programa inversionista de viviendas en crecimiento	Presencia de pocas empresas que desarrollen esta actividad	Demanda en el mercado de los posibles productos a elaborar	Nueva política de reciclaje en el país, a tenor con los lineamientos aprobados en el VI Congreso del PCC	Existencia de actividades afines en el trabajo por cuenta propia	Dificultades y demoras en los mecanismo de adquisición e importación de las materias primas	Problemas para el acceso a las tecnologías, piezas de repuesto y medios de protección con elevados precios y mercado restringido	Demanda por diferentes organismos de la fuerza de trabajo con que se cuenta
Fortalezas	Recursos humanos con calificación para ejercer el trabajo	x		x	x	x			x
	Se cuenta con el equipamiento necesario para realizar las nuevas producciones	x	x	x	x	x			x
	Existencia de residuos con posibilidades de aprovechamiento para obtener nuevos productos	x	x	x	x	x			
	Contar con un programa automatizado para la ejecución	x			x		x		

Debilidades	No se incluye en el plan anual el aprovechamiento de los residuos	x		x			x	x	x
	No están identificados y/o clasificados los residuos del proceso productivo	x					x		x
	No contar con un almacén para los residuos	x			x				
	No se valoran los posibles ingresos a partir de la utilización de los residuos	x		x			x	x	x

Anexos

Anexo N^{O} 6 Desarrollo del método Delphi.

Primera ronda

		Bajo mesetas	Repisas	Cuadros	Esquineros
Experto 1	2013	300	50	80	150
	2014	390	35	105	195
	2015	660	110	175	330
Experto 2	2013	250	60	75	100
	2014	350	85	105	140
	2015	280	70	85	110
Experto 3	2013	400	80	155	220
	2014	470	100	190	250
	2015	500	150	200	280
Experto 4	2013	300	60	65	140
	2014	370	75	85	160
	2015	600	120	200	360
Experto 5	2013	420	130	140	220
	2014	540	120	180	290
	2015	800	235	310	490
Experto 6	2013	200	50	90	140
	2014	260	70	120	180
	2015	390	100	200	270
Experto 7	2013	350	80	100	160
	2014	490	115	140	225
	2015	390	90	110	180

	Rango			Promedio		
	2013	**2014**	**2015**	**2013**	**2014**	**2015**
Bajo mesetas	170	2800	520	318	410	518
Repisas	80	85	165	125	90	120
Cuadros	90	105	225	100	130	180
Esquineros	120	150	380	160	205	290

Anexos

Segunda ronda

		Bajo mesetas	Repisas	Cuadros	Esquineros
Experto 1	2013	350	60	75	155
	2014	455	80	125	205
	2015	620	105	195	340
Experto 2	2013	290	70	95	150
	2014	390	95	145	160
	2015	340	75	95	120
Experto 3	2013	480	100	150	225
	2014	620	130	190	240
	2015	810	170	225	290
Experto 4	2013	330	85	65	145
	2014	430	105	90	170
	2015	580	150	250	350
Experto 5	2013	480	110	110	230
	2014	620	160	150	290
	2015	840	230	310	490
Experto 6	2013	380	80	95	160
	2014	230	90	130	185
	2015	360	150	215	280
Experto 7	2013	370	110	120	180
	2014	480	135	140	245
	2015	380	100	110	190

	Rango			Promedio		
	2013	**2014**	**2015**	**2013**	**2014**	**2015**
Bajo mesetas	100	390	500	380	460	560
Repisas	50	80	155	90	115	140
Cuadros	85	100	215	100	140	180
Esquineros	105	130	370	180	210	295

Anexos

Tercera ronda

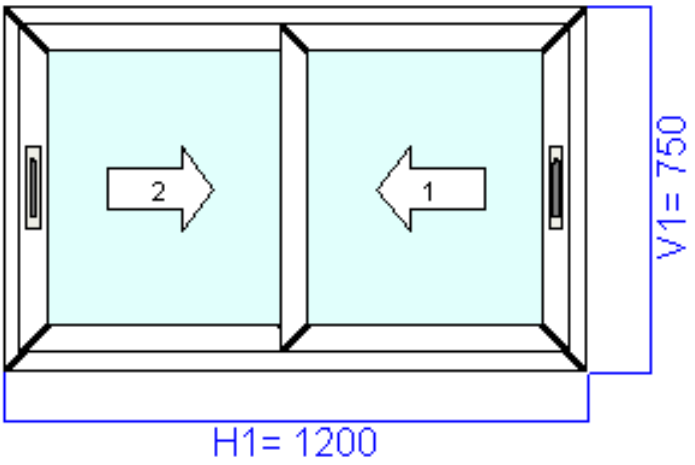
		Bajo mesetas	Repisas	Cuadros	Esquineros
Experto 1	2013	300	50	80	150
	2014	390	65	105	195
	2015	660	110	175	330
Experto 2	2013	280	60	75	100
	2014	330	75	90	120
	2015	250	60	70	90
Experto 3	2013	380	75	120	190
	2014	490	100	160	250
	2015	530	150	260	420
Experto 4	2013	300	60	70	140
	2014	390	80	90	180
	2015	500	120	140	290
Experto 5	2013	360	90	100	200
	2014	430	110	120	240
	2015	560	140	160	310
Experto 6	2013	250	50	90	140
	2014	350	70	130	200
	2015	420	85	150	230
Experto 7	2013	350	80	100	160
	2014	430	105	130	210
	2015	340	90	105	170

	Rango			Promedio		
	2013	**2014**	**2015**	**2013**	**2014**	**2015**
Bajo mesetas	130	160	410	320	400	465
Repisas	40	45	90	66	86	110
Cuadros	50	70	190	90	120	150
Esquineros	100	120	330	155	200	262

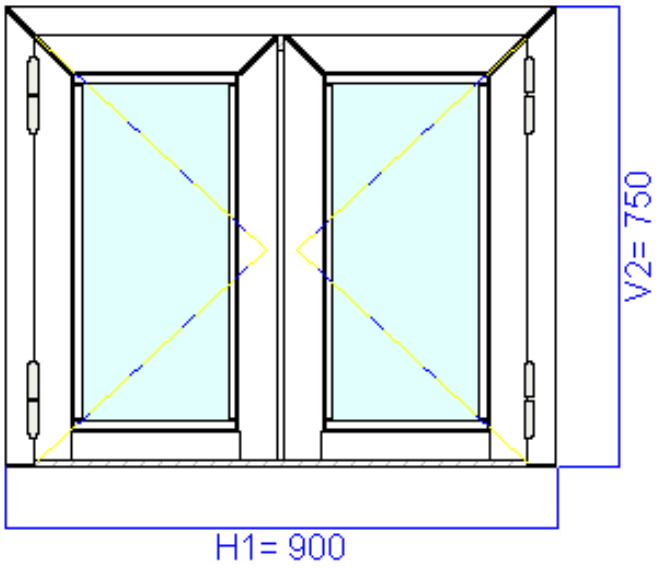
Anexos

Anexo N°7 Plano de los nuevos productos.

Puerta de corredera de dos hojas

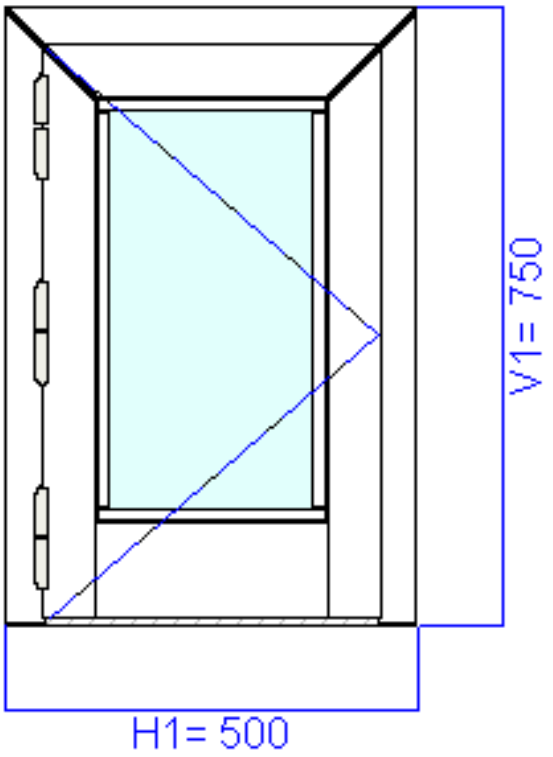


Puerta batiente de dos hojas

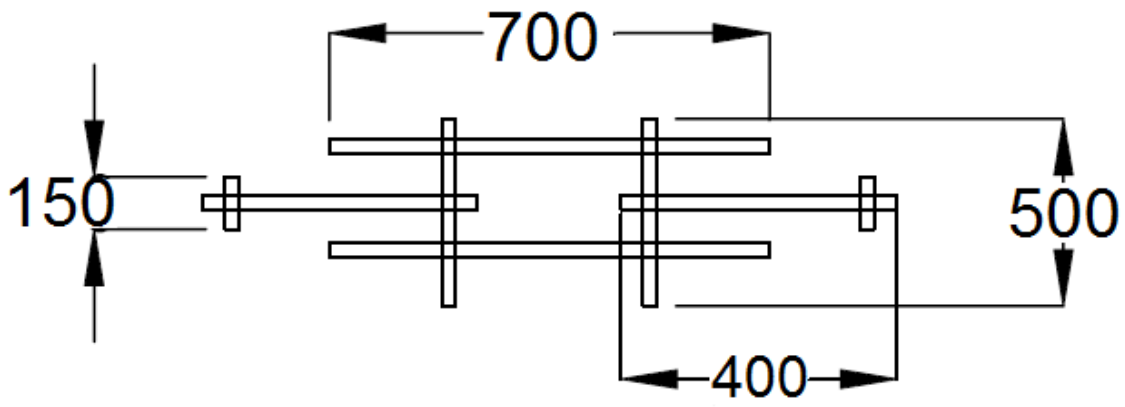


Anexos

Puerta batiente de una hoja

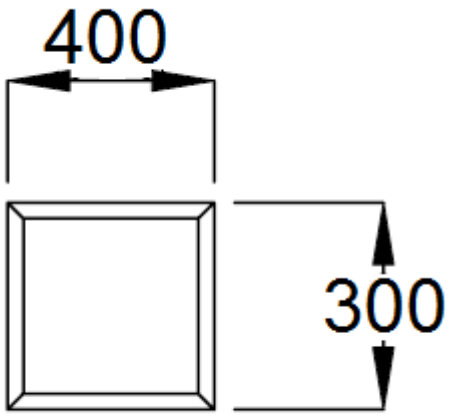


Repisa

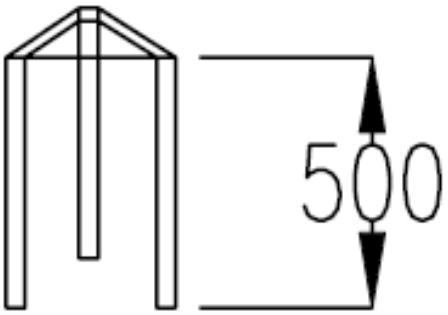


Anexos

Cuadro



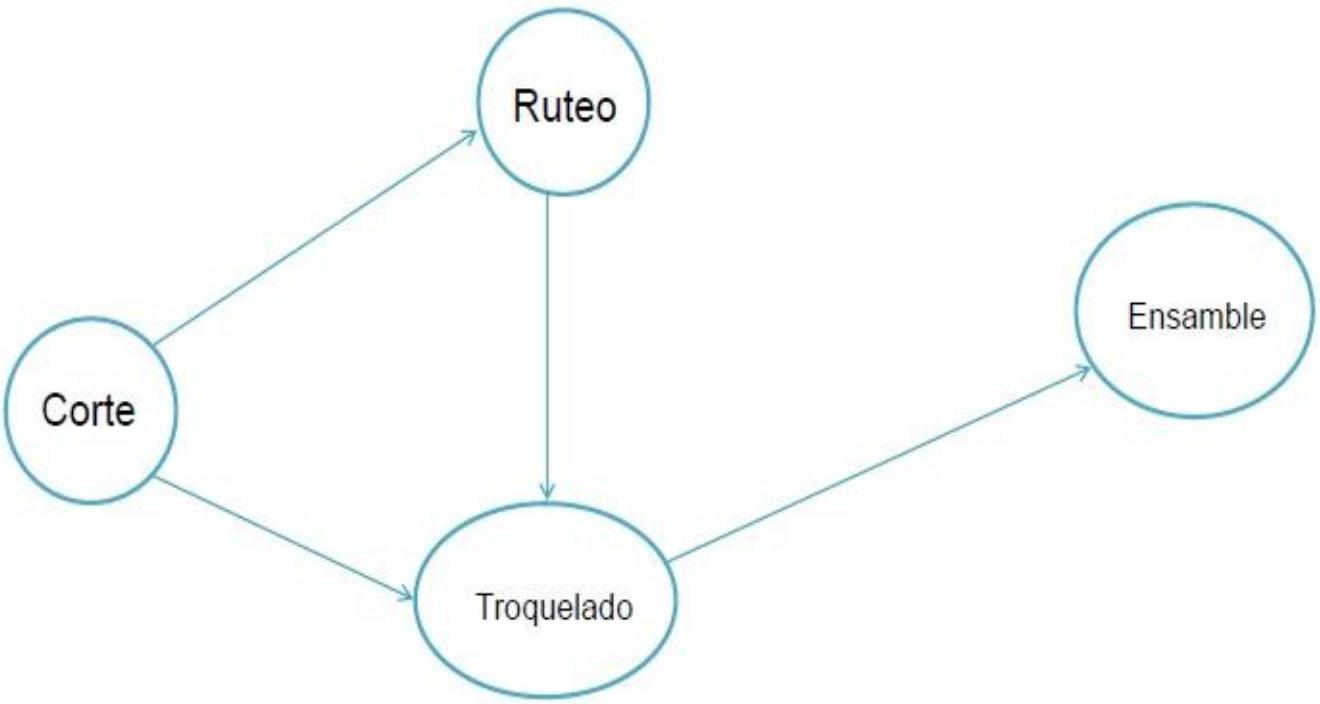
Esquinero



Anexos

Anexo N°8 Resultado del software WinQSB.

	23:47:39		Sunday	May	19	2013
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	Corredera	320,0000	125,9000	40.288,0000	0	basic
2	Dos hojas	46,0000	64,2100	2.953,6600	0	basic
3	Una hoja	0	42,2200	0	42,2200	at bound
4	Repisa	66,0000	33,8000	2.230,8000	0	basic
5	Cuadro	90,0000	5,9300	533,7000	0	basic
6	Esquinero	155,0000	16,9800	2.631,9000	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	48.638,0600		
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	Demanda	320,0000	<=	320,0000	0	125,9000
2	Demanda	46,0000	<=	320,0000	274,0000	0
3	Demanda	0	<=	320,0000	320,0000	0
4	Demanda	66,0000	<=	66,0000	0	33,8000
5	Demanda	90,0000	<=	90,0000	0	5,9300
6	Demanda	155,0000	<=	155,0000	0	16,9800
7	Residuos	407,6800	<=	1.727,0400	1.319,3600	0
8	Residuos	624,0000	<=	6.481,8600	5.857,8600	0
9	Residuos	216,6400	<=	4.885,4300	4.668,7900	0
10	Residuos	133,8460	<=	421,4500	287,6040	0
11	Residuos	18,4920	<=	75,5400	57,0480	0
12	Residuos	64,2160	<=	251,9700	187,7540	0
13	Residuos	123,2340	<=	123,6100	0,3760	0
14	Residuos	30,9120	<=	245,8400	214,9280	0
15	Residuos	0	<=	12,7400	12,7400	0
16	Residuos	37,5360	<=	53,7800	16,2440	0
17	Residuos	19,8000	<=	253,6200	233,8200	0
18	Residuos	334,5000	<=	551,0500	216,5500	0
19	Cap. corte	279,6100	<=	7.648,0000	7.368,3900	0
20	Cap. ruteo	92,0000	<=	4.732,0000	4.640,0000	0
21	Cap. troquel	830,7120	<=	6.420,0000	5.589,2880	0
22	Cap. ensamble	2.618,3200	<=	49.836,0000	47.217,6800	0

Anexos

Anexo N^{o}9 Diagrama de precedencia.