

I. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE ADMINISTRACIÓN DE CADENA DE ABASTECIMIENTO:

A. DEFINICION DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Antes de entrar de lleno a la definición de Cadena de Abastecimiento, es importante conocer la importancia de su estudio.

El ambiente de negocios actual, dominado por la integración de mercados, productos con cortos ciclos de vida y consumidores con expectativas de calidad cada vez mayores, exige nuevos retos a los productores, distribuidores y vendedores.

Esto se complica aún más si consideramos las tendencias y tecnologías de información y transporte que dominan el ambiente logístico (comunicación móvil, internet, entregas nocturnas, etc.).

Estos retos desafían a un mercado cada vez más competitivo que busca fuentes de valor agregado para sus productos. De ahí nace la necesidad de poner los ojos en estrategias que ayuden a diferenciar nuestras capacidades.

Un productor no será recompensado por el esfuerzo de su trabajo hasta que su producto no sea comercializado a un cliente y recibido por un consumidor. Sin embargo, entre el proveedor y el cliente existe una distancia que se ha transformado en camino gracias a la labor de empresas logísticas, distribuidores, empresas de transporte, representantes, etc.; en otras palabras, el nexo entre el proveedor y el cliente está conformado por una red de entes intermedios que forman una serie de actividades interconectadas que en suma, logran el movimiento y la venta de un producto desde su origen a su destino. Esta red es lo que llamamos Cadena de Abastecimiento.

Cada una de los eslabones es necesario para que el producto llegue a destino. Si una de estas partes falla, el producto no se venderá, y por ende, el negocio fracasará.

Por otra parte, si en vez de concentramos en las posibles fallas del sistema de aprovisionamiento, lo hacemos en la mejora de su eficiencia, el producto podría llegar al mercado detallista antes que sus potenciales competidores, lo que significa que estaría comercializándose antes, logrando una ventaja competitiva de relevancia.

Reconocida la importancia de la cadena de abastecimiento, podemos entregar una definición del concepto de administración de ella:

“Administración de la Cadena de Abastecimiento es un conjunto de acciones utilizadas para eficientemente integrar productores, distribuidores, almacenes y tiendas, con el propósito de lograr que la mercancía sea producida y entregada en las cantidades requeridas, en las locaciones solicitadas y al momento justo, minimizando los costos totales del sistema a la vez que se cumplan los niveles de acopio establecidos”

Esta definición conlleva numerosas observaciones:

Primero, Cadena de Abastecimiento toma en consideración cada uno de los eslabones que tienen un impacto en el costo y calidad final del producto.

Segundo, la administración de la cadena de abastecimiento debe enfocarse en lograr la eficiencia del sistema y lograr que sea costo-efectivo.

Finalmente, como la administración de la Cadena de Abastecimiento integra las actividades de diferentes eslabones, tiene ingerencia en las actividades de diferentes firmas a niveles estratégicos y tácticos.

B. DESAFÍOS EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

El término “Cadena de Abastecimiento” se refiere a una serie de actividades y grupos que toman parte en el movimiento y transformación de materias primas en productos terminados en poder los consumidores. Claramente, el término cadena es sólo la simplificación de una compleja red de proveedores, fabricantes, transportistas, empresas de servicio logístico y distribuidores que hacen posible hacer posible el movimiento antes descrito.

La administración de esta compleja red se puede resumir en dos retos:

1. **“Optimización Global”**: Lograr el mejoramiento y la optimización de todos los actores de la cadena de abastecimiento y no sólo de subsistemas.
2. **“Administrar la Variabilidad”**: Una cadena de abastecimiento se ve enfrentada a una variabilidad inherente. El desafío consiste en minimizar los niveles de incertidumbre para controlar la variabilidad en las operaciones y la administración de la red.

A continuación se presentarán los conceptos fundamentales asociados a estos desafíos.

C. OPTIMIZACION GLOBAL

Encontrar una solución que optimice la cadena como un todo se dificulta en gran medida por la visión sesgada de administradores que imponen fronteras infranqueables a sus organizaciones, sin darse cuenta que efectos negativos en los demás grupos que componen la cadena, invariablemente lo afectan a él mismo. Los factores principales asociados a este problema son:

1. **La Cadena de Abastecimiento es por sí una red compleja** que abarca la distribución y comercialización en diferentes puntos geográficos.
2. **Los diferentes eslabones de la Cadena de Abastecimiento tienen objetivos distintos y a veces conflictivos**. Por ejemplo, los productores de materias primas desearían que los productores de materias elaboradas adquirieran en forma constante grandes volúmenes. Sin embargo, los fabricantes solo desean comprar materias primas de acuerdo a los niveles de producción, lo que está determinado por la demanda esperada.
3. **La Cadena de Abastecimiento es un sistema dinámico**. No solo la demanda y las capacidades de los productores cambian en el tiempo; también lo hacen el poder adquisitivo de los mercados, el poder del comercio detallista, las condiciones de transporte, la tecnología, etc.
4. **El sistema varía en el tiempo**. Existen numerosos factores que podrían afectar la demanda. Por ejemplo tendencias, modas, período del año a producir, promociones especiales, estrategias de precios, etc.

D. ADMINISTRACIÓN DE LA VARIABILIDAD:

En líneas generales, se pueden identificar dos fuentes de variabilidad: Interna y Externa. La variabilidad interna proviene de factores que afectan las operaciones logísticas al interior de la empresa, como ubicación de inventarios, errores en los procesos de administración de bodegas y errores en la estimación de esfuerzo para realizar las actividades. Las fuentes de variabilidad externa provienen en mayor medida de la conjunción de factores de predicción de producción con el nivel de servicio requerido en materiales para cumplir con los procesos productivos.

Los desafíos más importantes son:

1. ***El gran desafío: calce perfecto entre oferta y demanda.*** Una mala estimación de la demanda o un exceso de oferta significa un riesgo enorme y el gran reto de cualquier negocio. Por ejemplo, en 1997, Boeing declaró una caída de 2.6 billones de dólares producto de escasez de materias primas e ineficiencias productivas. En 1995, IBM producto de una mala estimación de la demanda de su nuevo PC “Aptiva”, dejó de percibir varios millones de dólares.
2. ***Predecir la demanda no es la solución del problema,*** pues es imposible predecir exactamente la demanda, incluso con las técnicas predictivas más avanzadas.
3. ***La demanda no es la única fuente de incertidumbre;*** también son fuentes de incertidumbre los plazos de entrega, los procesos productivos, los tiempos de transporte y la disponibilidad de productos a ser distribuidos desde los eslabones primarios de la cadena.

E. TENDENCIAS EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

La administración de la variabilidad y el logro de la optimización global en las cadenas de abastecimiento se han visto notablemente afectados por las siguientes tendencias actuales:

1. ***Globalización:*** Se requieren mayores y más complejas líneas de abastecimiento, sistemas de inventario y redes de distribución.
2. ***Outsourcing:*** Involucra mayor cantidad de actores en la administración de la cadena de abastecimiento.
3. ***Proliferación de SKU (Stock Keeping Units):*** La demanda tiene mayores posibilidades de elección, resultando en mayores coeficientes de variación; Por ejemplo, un Mercedes Clase E tiene millones de posibles configuraciones.
4. ***Ciclos de vida de los productos más cortos:*** Resulta en falta de información histórica, reduciendo la habilidad predictiva de la organización.
5. ***Cambios tecnológicos cada vez más rápidos:*** Implicando productos con ciclos de vida más cortos y evolución tecnológica intensa para adaptarse al medio.
6. ***Competencia intensa:*** La competencia entre las organizaciones con productos afines es cada vez más intensa.
7. ***Nuevas regulaciones de seguridad:*** Acciones ingresadas posterior a los ataques terroristas del 11 de Septiembre del 2001, han incrementado el costo y la variabilidad de las operaciones logísticas.

F. MODELO ELEMENTAL DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Las Cadenas de Abastecimiento difieren entre organizaciones de acuerdo a su objetivo y tamaño. Además, existen diferencias en las cadenas que mueven los diferentes productos en una misma organización, pudiendo existir diferentes redes dentro de una misma empresa.

Sin embargo, existe una operación común a todas las redes: hay un ente que envía un producto y otro que lo recibe. Esto es lo que se conoce como “Par Envío / Recepción”. Es necesario mencionar que entre el “enviador” y el “receptor” existen numerosas fases, las que, para efecto de estudio, han sido simplificadas de acuerdo al modelo descrito en la Figura N° 1:

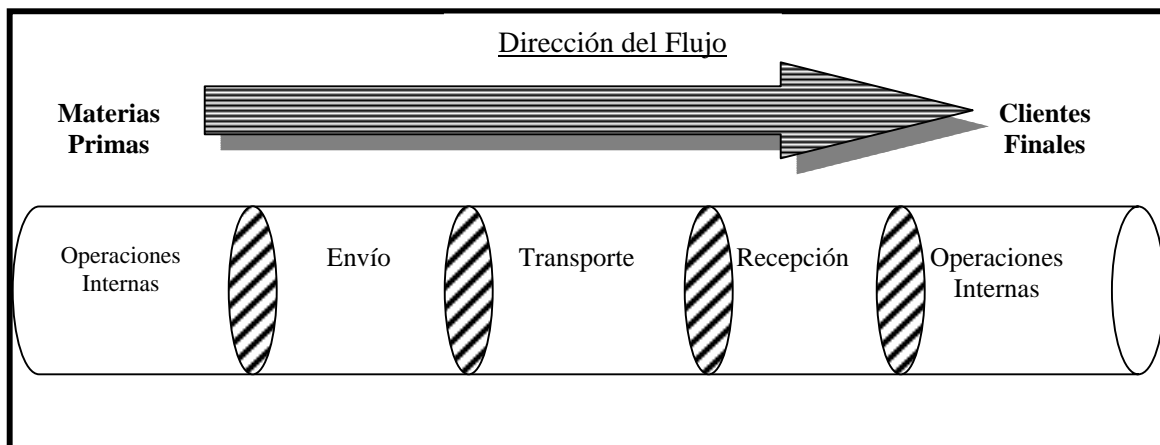


Figura N° 1: Esquema de una Cadena de Abastecimiento, par “Envío / Recepción”

Las actividades más importantes asociadas a los procesos mencionados en la Figura N° 1 son:

1. **Proceso de Envío:** Consolidación de la carga, contratos adecuados, optimización de las rutas, tener la carga en la puerta lista para su embarque.
2. **Proceso de Transporte:** Todas las actividades que deben desarrollar las empresas logísticas y que inciden en el transporte de bienes.
3. **Proceso de Recepción:** Verificación, reconocimiento y retiro de la carga, actividades al interior de las instalaciones del receptor final.
4. **Procesos Internos:** Procesos de transformación de materias primas (fabricación), almacenaje, movimientos internos, actividades para poner a la venta un producto.

II. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA:

A. DEFINICION Y TIPOS DE SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA:

Los Sistemas de Identificación Automática (cuya sigla en inglés es AIT) son aquellos que permiten efectuar un reconocimiento de SKU o cargas en general con una

participación humana mínima, acelerando y optimizando los procesos logísticos. Los sistemas más conocidos y utilizados son:

1. **Códigos de Barra:** Es un grupo de líneas impresas a un tag, una caja o una etiqueta, que representan diferentes caracteres, los que a su vez corresponden a un determinado ítem que se encuentra almacenado en una base de datos. La lectura de estos caracteres se efectúa por medio de un lector, el que puede ser manual o fijo. Este sistema de identificación es altamente utilizado en todos los procesos de la cadena de abastecimiento.
2. **Tarjetas de Memoria Óptica (OMC):** La tecnología utilizada en OMC está basada en el principio de reflectividad, donde los datos son almacenados en una tarjeta electrónica por medio de láser de alta intensidad y recuperada por medio de un haz de luz. Ésta es la misma tecnología utilizada por CD, DVD y CD-ROM. Es particularmente práctica cuando se requiere el almacenamiento y lectura de gran cantidad de información. Las ventajas de este tipo de AIT son su bajo costo, su capacidad para almacenar gran cantidad de datos, su capacidad de reutilización y su estabilidad ante cambios ambientales.
3. **Sistemas de Traqueo Satelital:** Un típico sistema de traqueo satelital se encuentra compuesto por una unidad transceptora, un satélite, una estación terrestre, una estación de control y un sistema de Información Automática. El transceptor, que se encuentra adosado al vehículo en movimiento, transfiere datos a una estación terrestre por medio de un satélite posicionador. La estación intercambia información con la red de distribución de datos, haciéndola visible a las partes interesadas en términos de ubicación de la carga. Tiene un alto costo, por lo que se utiliza generalmente en el traqueo de cargas de alto valor o en vehículos de transporte.
4. **Sistema de Identificación por Radio Frecuencia:** Considerando el objetivo del presente trabajo, este sistema será analizado en mayor detalle en los puntos siguientes.

B. PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA (RFID):

En términos sencillos, un sistema RFID consiste en una antena, un transceptor (con decoder) y un transponder (Tag de radio-frecuencia), el que se encuentra programado con información única. La antena está diseñada para emitir señales de radio que activan al Tag y tienen la capacidad de leer los datos contenidos en él; dependiendo del tipo de sistema y capacidades del tag, también puede escribir datos. Las antenas forman un canal electromagnético entre el tag y el transceptor. Este canal puede estar constantemente presente, o puede ser activado al momento que la antena comience a emitir a una determinada frecuencia.

El transceptor está diseñado para leer y escribir datos en el tag. El decoder es utilizado para permitir la comunicación entre el transceptor y los tags. Generalmente, los transceptores vienen en conjunto con la antena en sistemas manuales o fijos. Este conjunto lector emiten ondas de radio que pueden comunicarse con tags que se encuentren desde unos pocos centímetros a 40 metros o más. Cuando un tag de RFID pasa por un área activa electromagnéticamente, la señal de activación del grupo lector es detectada y el tag

se comunica con el transceptor. Los datos decodificados son obtenidos por el lector y retransmitidos a un servidor RFID que alimenta una red de distribución de datos, haciendo visible esta información a todos los entes interesados.

Los tags de RFID tienen una gran variedad de formas y tamaños. El tipo de tag a utilizar, dependerá de la aplicación logística deseada. Por ejemplo, existen tags pequeños que se utilizan en el traqueo de animales, en forma de tarjeta para control de acceso, tags plásticos antirrobo o tags de mayor tamaño para traqueo de carga en forma multimodal. La cantidad de información que puede entregar un tag está determinada por su capacidad de almacenamiento. Actualmente los tags almacenan hasta 1 MB.

Aunque el beneficio del uso de esta tecnología es altamente reconocida, aún persisten dos problemas que se deben solucionar: el primero, considerado de baja importancia, es la potencial ocurrencia de interferencias entre las frecuencias de diferentes lectores ubicados en sectores cercanos; el segundo, de mayor relevancia, es la baja estandarización de frecuencias a nivel mundial para el uso masivo de esta tecnología. Actualmente existen tres rangos de frecuencia que se utilizan comúnmente para identificación: baja, media y alta. La Tabla 1 presenta un resumen de estas tres frecuencias y su aplicación general:

Banda de Frecuencia	Características	Aplicaciones Típicas
Baja 100-500 kHz	Alcance: Corto a medio. Bajo costo Baja velocidad de lectura	Control de acceso Identificación de animales Control de inventarios
Media 10-15 MHz	Alcance: Corto a medio. Bajo costo Velocidad de lectura media	Control de acceso Tarjetas inteligentes
Alta 850-950 MHz 2.4-5.8 GHz	Alcance: Largo. Velocidad de lectura alta Se requiere línea de mira Alto costo	Monitoreo de trenes o camiones Sistemas de peaje.

Tabla 1. Rangos de Frecuencia Comúnmente Utilizados

Existen dos tipos de tags: Activos y pasivos.

Los tags activos tienen una fuente de poder interna entregada por una batería, tienen memoria propia y generalmente tienen la capacidad de leer y escribir datos. Estos tags son especialmente útiles en contenedores que cambian carga en diferentes puertos. Permiten llevar un archivo histórico de los lugares en que se efectuó la carga y la descarga, detallando además los cambios efectuados. Tienen largo alcance, lo cual es útil para ubicar rápidamente diferentes cargas en patios de contenedores. Estos tags tienen un tamaño mayor, su costo es más alto (USD 99 por cada tag) y su período de vida útil está dado por la batería (dependiendo de las condiciones de operación puede ser de 10 años).

Los tags pasivos obtienen su fuente de poder a través de la inducción producida por la señal enviada por la antena. Por no tener fuente de poder interna, estos tags tienen un costo

mucho menor (desde USD 0,90 por tag). Además, su límite de vida útil es mucho mayor. Estos tags pueden ser programados con un grupo de datos únicos (usualmente 32 a 128 bits), el que no puede ser cambiado mientras la carga esté en movimiento.

En la Figura N° 2 se expone un esquema de sistema de identificación automática utilizando RFID.

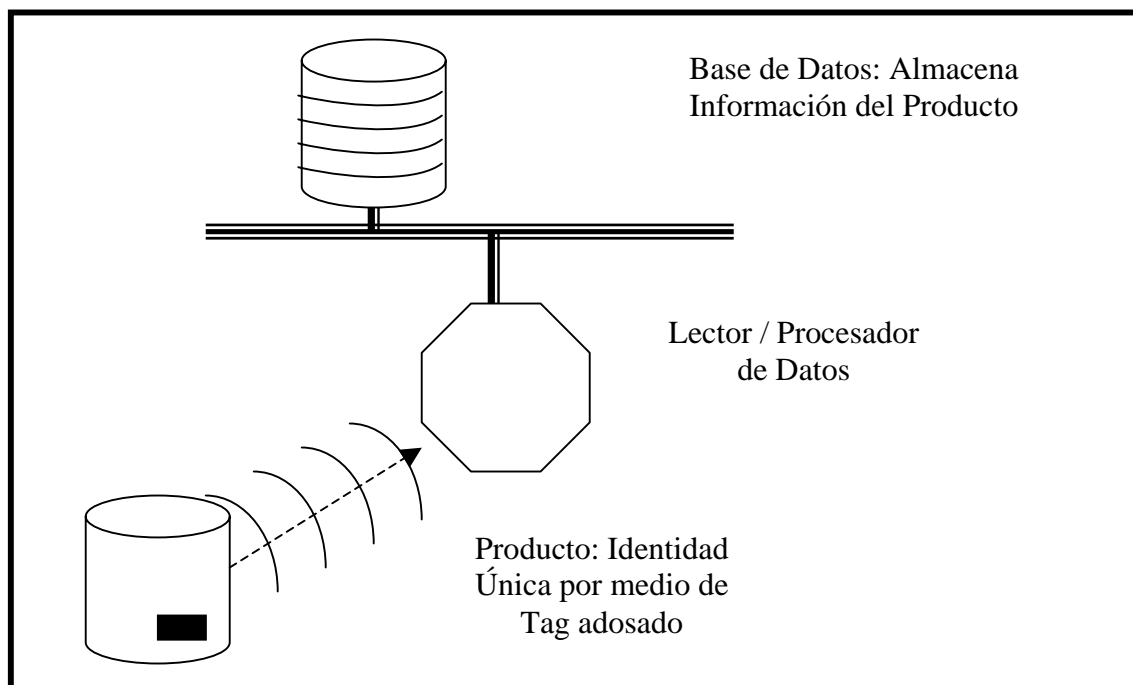


Figura N° 2: Esquema Básico de Sistema de Identificación.

C. SISTEMA DE RFID A TRAVÉS DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Para permitir que la carga sea visible durante su trayecto en la Cadena de Abastecimiento, se requiere que en varios puntos de la misma existan lectores asociados a Base de Datos conectadas a una red de distribución de datos común.

De esta manera, los lectores son capaces de identificar la carga cuando pasa por un portal en un determinado punto de la Cadena, enviando esta información a los diferentes entes interesados.

En la Figura N° 3 se expone un esquema de la manera en que un sistema de RFID puede inter-conectar los diferentes eslabones de una Cadena de Abastecimiento.

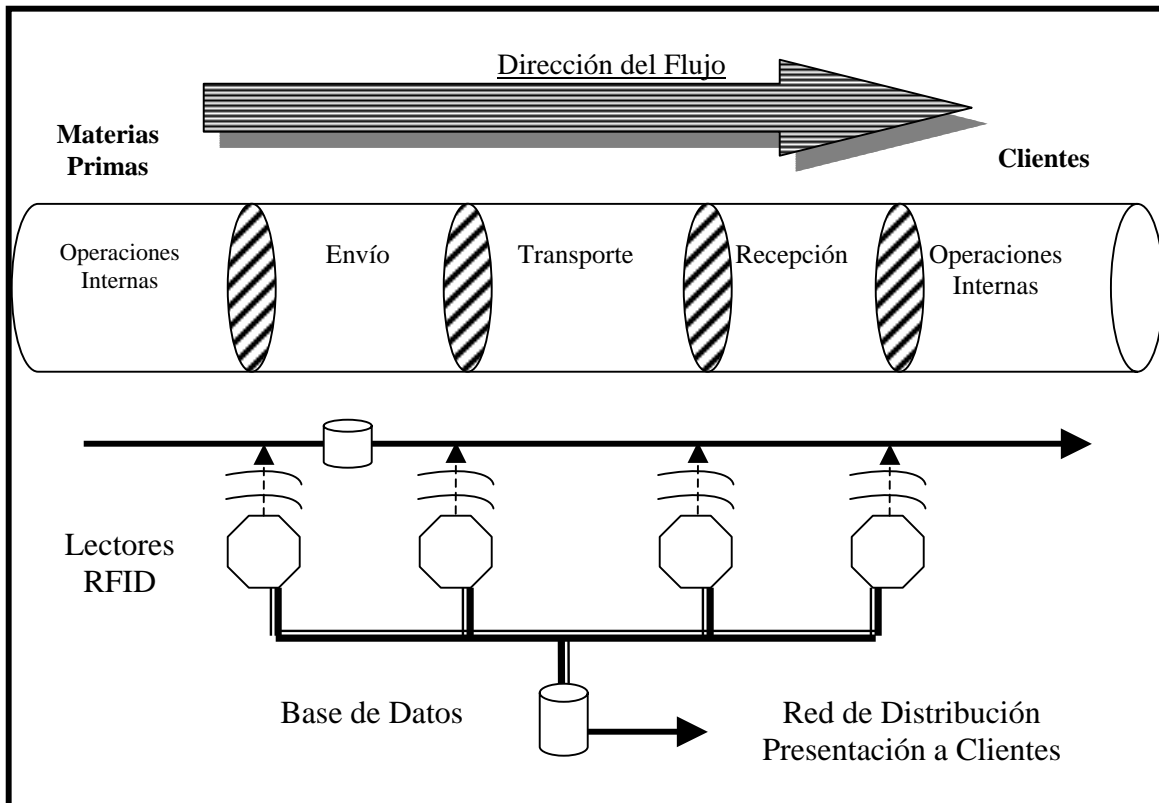


Figura N° 3: Red de Distribución de Datos RFID

D. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍA RFID CON OTRAS AIT:

Las aplicaciones de tecnología de RF se pueden identificar en virtualmente cada sector industrial. Cualquier actividad que comprenda el proceso de recolección de datos se puede beneficiar por esta tecnología. Se debe considerar que actualmente el costo de implementación de estos sistemas es alto, existiendo otros mecanismos de identificación automática que efectúan similares actividades a menores costos. Sin embargo, RFID tiene ventajas competitivas únicas que lo transforman en un excelente complemento de otros sistemas de identificación automática, o que pueden significar el reemplazo de algunos.

El sistema de RFID descrito puede ser considerado como una extensión lógica de la identificación por códigos de barras. Por este motivo, se utilizarán los códigos de barra como base de comparación.

1. El sistema de código de barras requiere de intervención humana para que pueda ser leído, mientras que RFID no. Esto significa menor costo en mano de obra y potencialmente, mayor certeza en las lecturas.
2. En RFID (a diferencia de código de barras), la información se puede obtener en forma continua, permitiendo una actualización de inventario más rápida y constante.
3. El sistema de Código de Barras requiere que el lector se encuentre en la línea de mira del tag. RFID puede ser leído en cualquier orientación, mientras el rango de distancia de lectura lo permita.

4. RFID puede efectuar una gran cantidad de lecturas en forma simultánea, acelerando el proceso.
5. El cargamento dentro de un contenedor puede ser leído sin necesidad de abrirlo o desconsolidarlo.
6. Los códigos de barra no funcionan bien cuando hay humedad, suciedad o cuando la etiqueta se encuentra dañada, aunque sea en forma mínima.
7. RFID puede entregar información con respecto a la ubicación de los productos. Esto acelera el proceso de búsqueda de ítems dentro de un almacén, que es una de las actividades que consume mayor cantidad de tiempo.

E. OPORTUNIDADES DE OPTIMIZACIÓN EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

En la siguiente sección se hará un análisis detallado de cómo los Sistemas de Identificación Automática pueden optimizar los procesos propios de una cadena de abastecimiento. Para tal efecto se utilizará el modelo de Envío / Recepción que fue expuesto en la Figura N° 1. A continuación se mencionarán las principales fuentes de variabilidad interna, que representan oportunidades de optimización que se pueden beneficiar del uso de AIT:

1. **Proceso de Envío:** Ordenes tardías, envíos de urgencia, falta de capacidad de transporte, falta de visibilidad del inventario, elementos mal ubicados en el almacén, errores en la selección de elementos para el envío.
2. **Proceso de Transporte:** retrasos, errores en el ruteo de paquetes en terminales, reasignación de rutas para medios de transporte, operaciones dinámicas de transporte por camiones, errores en la carga y en la descarga, pérdidas durante el tránsito.
3. **Proceso de Recepción:** Escasez de materiales para procesos internos, materiales que no corresponden, entregas en lugares que no corresponden, retiro de lugares equivocados, errores en los datos de recepción.
4. **Procesos Internos:** Errores en la determinación del estado de los productos durante el procesamiento, problemas de calidad, escasez de inventario en materias primas, errores en los inventarios, ubicación desconocida de productos en los almacenes.

III. MEJORANDO EL PROCESO ACTUAL DE CADENA DE ABASTECIMIENTO:

En este punto se discutirán los beneficios que uso de tecnología RFID puede entregar a los procesos de la Cadena de Abastecimiento. El uso de RFID no viene a cambiar el proceso en sí; lo que se busca es hacer el mismo “juego”, pero optimizado. El análisis se efectuará utilizando el modelo expuesto en la Figura N° 1, considerando las actividades principales de cada eslabón.

A. PROCESO DE ENVIO:

Este proceso involucra numerosas actividades que van desde que un producto se encuentra en condiciones de ser enviado, hasta que se encuentra a bordo del medio de transporte elegido. Cada actividad significa decisiones como: medio de transporte a

utilizar, la forma más económica en que se consolidará la carga y el momento en que se intercambiará información con la empresa logística encargada del transporte.

1. ***Consolidación de la Carga:*** La consolidación de la carga y la elección de la forma de envío se efectúa generalmente observando la carga que se encuentra disponible en un momento dado. Sin embargo, si se toma en cuenta la carga que se encuentra en proceso de producción y en condiciones de ser remitida, o la carga que viene desde otro destino, se puede efectuar una consolidación más optimizada y permite hacer itinerarios que incrementen la relación costo-beneficio de la operación. Se puede, además, identificar fácilmente carga que se encuentra en espera de envío para que sea considerada en un itinerario en proceso. Esto se puede efectuar atendiendo a la capacidad de la tecnología RFID de leer a través de las paredes de los contenedores, no existiendo necesidad de abrirlos.
2. ***Carga del Medio de Transporte:*** A la salida del proceso de producción, una carga puede ser eficientemente direccionada al contenedor o camión que corresponda, sin necesidad de intervención humana ni requiriendo que un pallet ya armado sea desconsolidado. Esto aumenta la rapidez de esta actividad, y si el tag tiene la información correcta, se disminuye drásticamente la probabilidad de envíos erróneos.

B. PROCESO DE TRANSPORTE:

La carga que debe ser transportada desde un punto a otro, pasa generalmente por numerosas escalas y cambios de medio de transporte. De esta manera existe el riesgo de que una carga bien direccionada a la salida del origen sea erróneamente ruteada durante el trayecto. El uso de tecnología RFID puede ayudar a hacer este proceso en forma más eficiente y segura, incrementando la visibilidad de la carga en transporte por medio del traqueo de medio utilizado, contenedores e ítemes.

1. ***Traqueo del Medio de Transporte:*** RFID solo permite conocer el momento en que un medio abandona el lugar de origen, las escalas que efectúa en lugares con lectores disponibles y el momento en que llega al lugar de destino. Para tener visibilidad absoluta durante la ruta, se debe utilizar un posicionador satelital (GPS), él que no solo entrega información acerca de la ubicación de una determinada carga, si no que además parámetros operacionales que son de suma utilidad en la industria del transporte por camiones. Otros beneficios que se pueden obtener del traqueo constante del medio de transporte son:
 - ***Despacho automático:*** Ya que se conoce con relativa exactitud la posición de la flota, se pueden asignar con anticipación los diferentes medios a los requerimientos de transporte.
 - ***Operaciones locales y cambio de trailers:*** Como se conoce la ubicación de otros camiones en la flota, sus destinos y la capacidad de carga, se puede efectuar cambio de carga desde trailers en espera de remolque, con el propósito de no enviar dos camiones a un mismo destino.
 - ***Ahorro en combustible:*** Producto de la eliminación de envíos simultáneos al mismo lugar y de la capacidad de buscar lugares en la ruta donde el combustible sea más económico. En EE.UU. los costos de combustible

representan hasta un 25% de los costos operacionales de empresas de camiones; utilizando sistemas de posicionamiento satelital se han logrado reducción de costos de combustibles de 6%, lo que significa entre un 1 a un 2% de reducción total.

2. **Traqueo de Elementos de Transportes:** Compañías de operación logística buscan mantener la máxima cantidad de elementos de transporte (contenedores, trailers, pallets, frigoríficos, etc.) en movimiento. Para tal efecto requieren que estos sean devueltos tan pronto como hayan sido utilizados, dándole más movimiento. El conocimiento del momento en que estos elementos arriban a puerto de destino, entrega una información muy valiosa al respecto, permitiendo programar operaciones futuras.

Además, el traqueo de elementos de transporte optimiza las operaciones al interior de puertos donde una gran cantidad de contenedores se mueven diariamente.

3. **Traqueo de Cargas Generales e Individuales:** Conocer en forma adelantada el detalle de un determinado envío permite programar actividades de producción, eliminar el riesgo de escasez de materias primas, optimizar los programas de actividades y disminuir la probabilidad de envíos mal diseccionados.

C. PROCESO DE RECEPCIÓN:

Este proceso incluye actividades de verificación de la carga recibida para su posterior retiro.

1. **Verificación:** Con el uso de RFID el proceso de verificación puede ser automatizado, requiriendo menos personal y reduciendo drásticamente el tiempo necesario. Además, al existir permanente visibilidad de la carga desde que abandona una planta hasta que arriba el punto de destino final, se reduce la tensión entre proveedores y clientes producto de cantidades y especificaciones erróneas en los despachos.
2. **Almacenamiento:** Una carga recibida se puede identificar automáticamente al ingreso, asignándole un lugar de almacenamiento en espera de su uso final (producción, venta, re-direccionamiento, etc.). De esta manera el proceso se actualiza en forma automática, entregando visibilidad en tiempo real al proveedor y al cliente, además de disminuir la probabilidad de errores.

D. PROCESOS LOGÍSTICOS INTERNOS:

RFID permite, en mayor medida, entregar beneficios a los procesos logísticos internos de plantas productivas, almacenaje y tiendas de ventas. Atendiendo al objetivo del presente estudio, se analizará sólo los procesos de bodegaje, cuya relevancia es importante dentro del transporte marítimo. Los beneficios en esta actividad son:

1. **Eficiencia:** Traqueo de inventario en bodega en forma automática, en tiempo real y con visibilidad para todos los entes involucrados.
2. **Alcance:** No solo se puede visualizar el inventario inmovilizado, si no que además el que se encuentra en movimiento hacia el lugar requerido, agregando fecha y hora de salida, cantidades, destino final y características.

3. **Productividad:** La actividad que más consume tiempo en almacenes es la búsqueda y retiro de elementos desde los estantes. RFID permite ubicar rápidamente un determinado ítem y además entrega proposición de itinerario de retiro optimizado a los operarios.
4. **Exactitud:** Conocimiento cierto de la ubicación y destino del inventario en almacén. Esto toma especial importancia en procesos de recepción y salida permanente como “cross-docking”.

IV. TRANSPORTE MARÍTIMO Y LAS POSIBILIDADES DE OPTIMIZACIÓN:

En este punto se expondrá el transporte marítimo como una parte singular de la Cadena de Abastecimiento, y se presentarán los potenciales beneficios que el uso de tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) puede aportar a sus procesos.

Transporte marítimo es un tema que abarca un amplio rango de procesos e intereses. El ambiente que rodea esta actividad involucra terminales, tripulaciones, agentes, infraestructuras, proveedores, agencias navieras, clientes, agencias de seguridad, agencias de aduanas, seguros, almacenes, asociaciones industriales, etc. Sin embargo, y en beneficio del objetivo del presente trabajo, el estudio se centrará en los procesos y actividades que se desarrollan en los terminales marítimos de contenedores, pues en estos es donde el uso de tecnología RFID puede agregar valor en mayor medida.

A. TRANSPORTE MARÍTIMO DENTRO DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO:

Utilizando el modelo Envío / Recepción expuesto en la Figura N° 1, se puede visualizar fácilmente que el transporte es solo uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento, y dentro de este contexto, el transporte marítimo es sólo uno de los numerosos medios que se pueden utilizar para movilizar carga desde un punto a otro.

No obstante lo sencillo que pudiese parecer, este proceso encierra una enorme complejidad, aún sin considerar el resto de las operaciones y eslabones de una Cadena de Abastecimiento.

Para que la carga se movilice desde la planta al terminal portuario se debe utilizar otro medio (ya sea ferroviario, camión o aéreo). Los contenedores que arriban al sector portuario, deben permanecer en espera de nave para ser cargados, implicando almacenaje, cuidado, administración de carga y los costos que estas actividades involucran. Luego, cuando el buque ha arribado, se debe decidir sobre el orden de carga de contenedores en espera, lo que es de suma importancia por la estabilidad de la nave y por las operaciones que serán efectuadas en puertos próximos (descargas en forma ordenada). Por último, y no por eso menos importante, se deben realizar todas las operaciones de seguridad requeridas, las que tienen un alto costo.

El arribo de la carga al puerto de destino exige otra serie de actividades como: decisión de orden de descarga, almacenaje en caso de retraso de transporte terrestre para retirar del terminal, conexión con medio multimodal, y, más medidas de seguridad.

La correcta ejecución de todas estas tareas significará que la carga se mueva de acuerdo al itinerario establecido, cumpliéndose el plazo y la calidad esperada de recepción

en el destino final. En cambio, si los procesos no se pueden llevar a cabo en buena forma, la cadena se podría romper, significando pérdidas para todos los eslabones involucrados.

B. TENDENCIAS DEL TRANSPORTE MARÍTIMO:

El transporte marítimo y la operación de terminales de contenedores se encuentran dominados por las siguientes tendencias:

1. **Integración de Líneas:** Las fusiones y alianzas persiguen reducir los costos operativos, lograr mayor dominio de los mercados y reducir los niveles de riesgo.
2. **Concentración de Servicios Portuarios:** La integración de líneas, el aumento del volumen de carga y las economías de escala han llevado a aumentar tamaño (y por ende el calado) de los buques de transporte, los que requieren de puertos más grandes y profundos. Estos puertos se pueden conectar como eje de transporte en lugares geográficos determinados, desde donde se puede cambiar la carga a buques menores para alcanzar destinos locales (por ejemplo Hong Kong en Asia).
3. **Concentración en Otros Sectores de la Industria Naviera:** Por ejemplo construcción naval, servicios de tripulación, arriendo de contenedores, agentes de carga, registros de naves.
4. **Innovación tecnológica:** Los servicios portuarios pueden ser beneficiados por la automatización de los procesos físicos (carga y descarga) como de los procesos de intercambio de información.
5. **Contenedorización:** El ingreso de los contenedores significó la estandarización del modo de transporte de carga y redujo sustancialmente el tiempo de proceso en puertos. Los beneficios ingresados permiten estimar un aumento notable en el movimiento de contenedores a nivel mundial en el futuro. En la Figura N° 4 se expone la estimación de evolución de transporte de contenedores expresados en millones de TEU (Twenty Equivalent Unit).

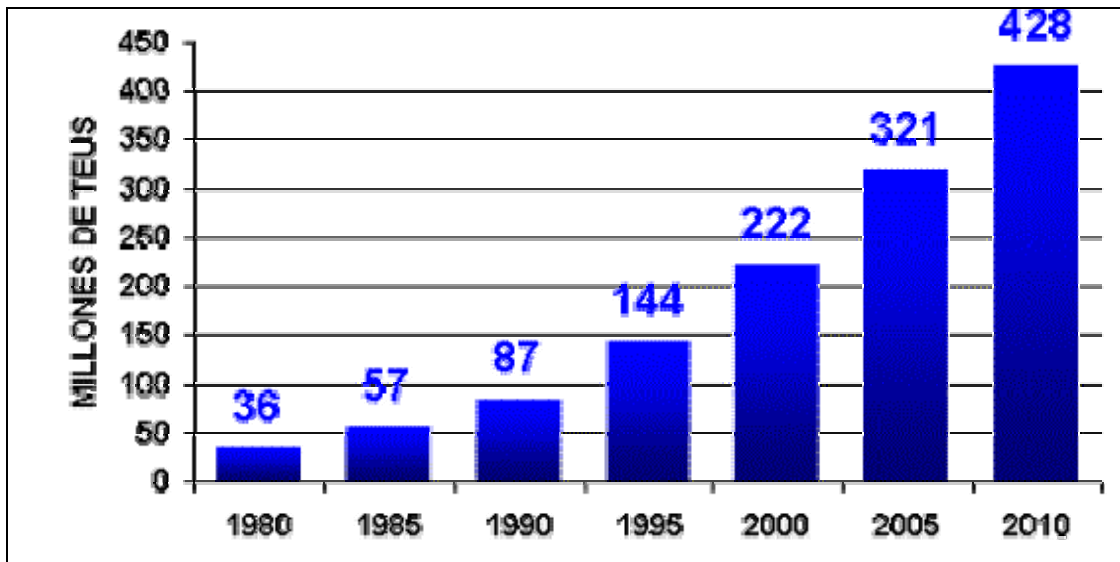


Figura N° 4: Estimación de Aumento de Transporte de Contenedores (Fuente: Ocean Shipping Consultants)

6. **Grandes Buques Porta-Contenedores:** Economías de Escala y la proliferación de transporte en contenedores ha implicado la fabricación de buques con la capacidad de transportar entre un 40 y un 50% más de carga (buques post-panamax). Los buques además han aumentado en velocidad, pudiendo los últimos porta-contenedores viajar hasta a 26 nudos.
7. **Mayores restricciones de Seguridad:** Los atentados del 11 de Septiembre del 2001 introdujeron nuevas regulaciones de seguridad en el transporte marítimo, lo que ha elevado los tiempos de proceso y los costos operativos. La incorporación del código ISPS (International Ship and Port facility Security) es resultante de estos esfuerzos por mejorar la seguridad.
8. **Expansión de los Sistemas de Transporte Multimodal:** Estos sistemas favorecen los procesos de concentración de carga en puertos centrales, reduciendo la cantidad de recalada de naves.

Estas tendencias implican la necesidad de contar con terminales portuarios más eficientes y que cumplan con las expectativas de calidad de los diferentes entes componentes de la cadena de abastecimiento.

C. PROCESOS EN TERMINALES MARÍTIMOS DE CONTENEDORES:

Tres son los procesos o funciones básicas que tienen lugar en un Terminal de Contenedores:

1. La carga/descarga de buques
2. El almacenamiento de contenedores
3. La recepción/entrega terrestre

La Figura N° 5 muestra un esquema de los procesos básicos en la operación de terminales marítimos:

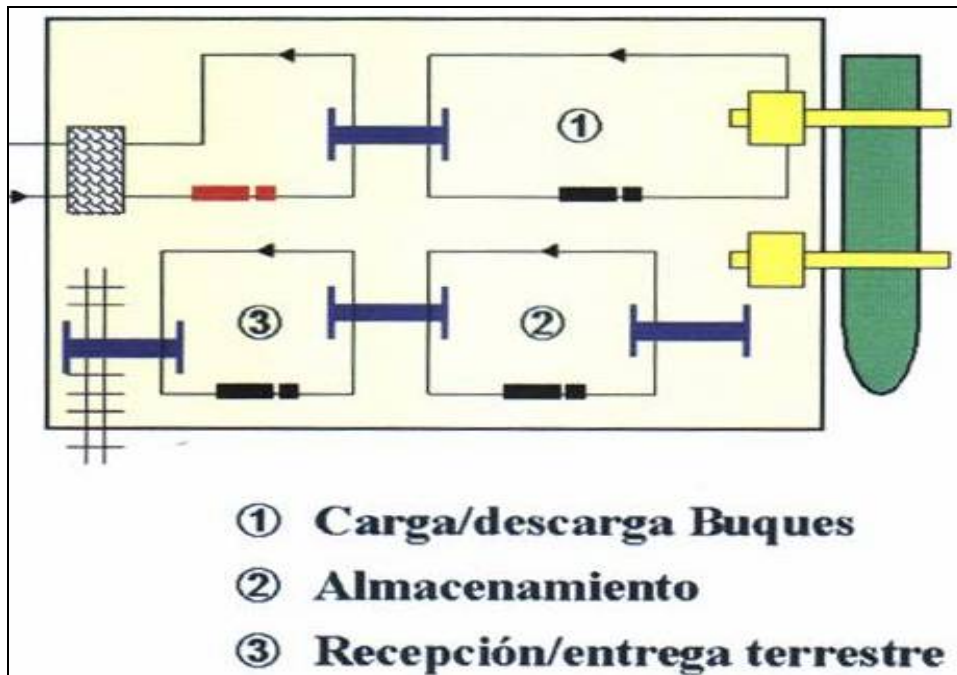


Figura N° 5

Para el cumplimiento de estos procesos generales, un Terminal Marítimo de Contenedores administra dos flujos paralelos e inseparables, que en conjunto conforman un sistema logístico:

1. El flujo de la información, las comunicaciones y su gestión. Dentro del contexto del flujo de información se pueden identificar los sistemas operativos del terminal portuario, los de comunicación externa y los de comunicación interna.
2. El flujo físico o la manipulación, lo que comprende todas las actividades de movimiento de carga hacia el terminal y al interior del mismo.

La tendencia actual en lo que respecta a movimiento de carga y de información indica que ambos flujos deben ser automatizados para responder a los requerimientos cada vez más exigentes de velocidad y eficiencia, y que son además congruentes con las tendencias en transporte marítimo mencionadas en el punto A.-

Los temas expuestos hasta ahora, es decir, las tendencias en transporte marítimo, los procesos de terminales portuarios de contenedores y los flujos en estos, conformarán el marco teórico que será utilizado para identificar los beneficios de la utilización de tecnología RFID en el transporte marítimo. Este marco considerará además las actividades inmediatamente anteriores y posteriores a los procesos portuarios, es decir el transporte de contenedores hacia y desde el terminal y el almacenamiento de los mismos en espera de carga o descarga en nave. El proceso general a considerar en el estudio se expone en la Figura N° 6.

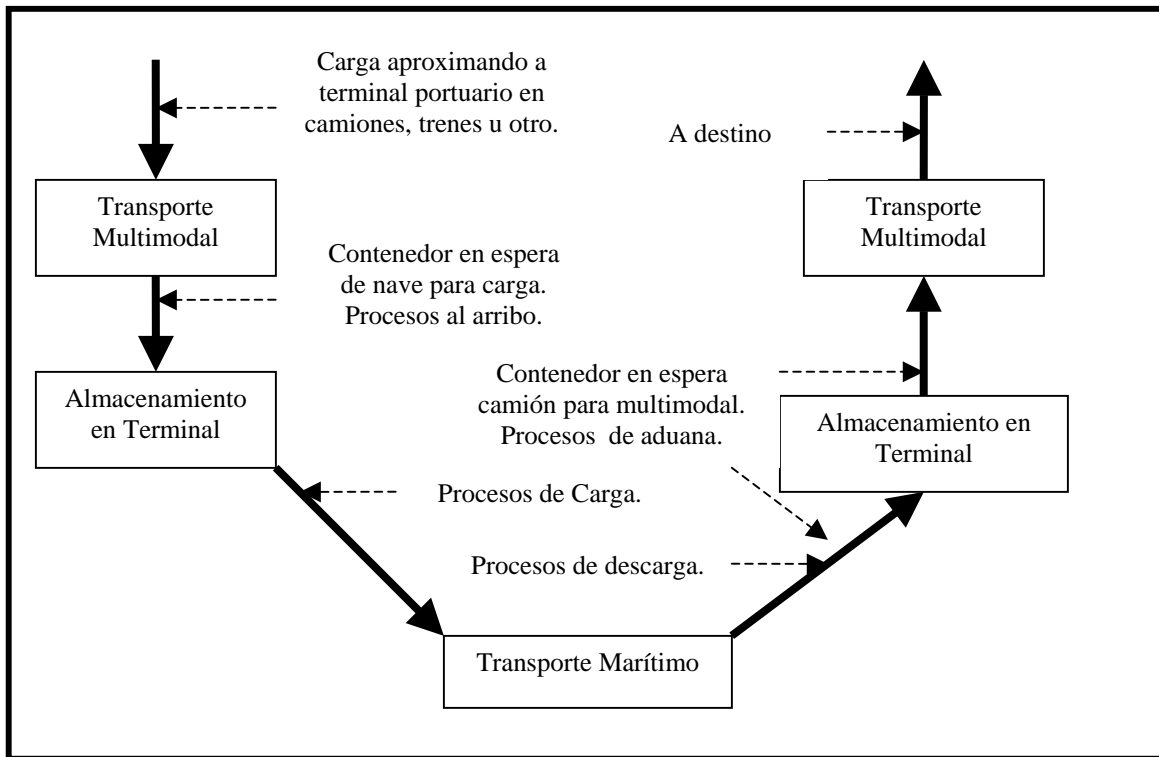


Figura N° 6: Diagrama de Procesos Marco Utilizados en el Estudio

D. BENEFICIOS DE TECNOLOGÍA RFID EN TRANSPORTE MARÍTIMO:

Los beneficios del uso de tecnología RFID en la administración de terminales marítimos y de las actividades inmediatamente anteriores y posteriores, se presentan en cada uno de los tres procesos mencionados, y su ámbito de acción se enmarca en la optimización del flujo de información entre los diferentes entes involucrados. A continuación se presenta un análisis de los beneficios identificados, relacionándolos a cada proceso:

1. *Proceso de carga y descarga de buques:*

- Los contenedores que se aproximan a un terminal marítimo pueden ser identificados con anterioridad a su arribo, lo que permite efectuar una consolidación a gran escala de la carga que debe ser puesta en una nave, incluso antes que el buque haya atracado al sitio asignado. La tecnología de identificación automática permite tener visibilidad sobre la carga total que debe ser embarcada en un determinado buque, y no solo de la que se tiene a mano. Esto permite administrar en mejor forma el embarque o desembarque, optimizando el tiempo utilizado en estas actividades, lo que se traduce en reducción de costos por asignación de sitio de atraque y uso de servicios portuarios.
- La identificación de los contenedores y la información global e integrada que entregan los tags, permite conocer, entre otras cosas, el buque en que un contenedor debe ser embarcado, el peso del contenedor y su puerto de destino.

Utilizando softwares especiales, estos datos pueden ser utilizados para asignar el orden en que un contenedor debe ser embarcado, asegurando una correcta estiba del buque, reduciendo el riesgo de un embarque erróneo y optimizando las futuras operaciones de desembarque, al posicionar el contenedor en el lugar que no interfiera con actividades intermedias.

- Las empresas logísticas que arriendan contenedores, tienen visibilidad absoluta sobre sus activos, al conocer el momento en que son embarcados y desembarcados. De esta manera pueden optimizar operaciones futuras, al conocer el momento y lugar en que sus activos serán liberados para un nuevo arriendo.
- El proceso de carga puede ser flexibilizado, al conocerse con anterioridad, envíos de última hora que pueden ser considerados en el embarque, incluso si el medio que lo transporta al terminal portuario (camión, tren, etc.), aún se encuentra en la ruta. Este beneficio se logra sólo si el convoy cuenta con un posicionador satelital global.
- Al conocerse el momento en que un buque estará en condiciones de cargar o descargar, el orden de embarque de los contenedores y la posición de convoyes aproximando, permite administrar el momento de arribo de la carga al terminal; por ejemplo, si un buque se atrasara, se puede comunicar al camión que trae la carga que demore su arribo, con lo que se reduce el tiempo del contenedor en espacio de almacenamiento. El punto a considerar es la relación en costo de mayor tiempo de uso de camiones con el arriendo de patio de contenedores.
- Las medidas de seguridad tomadas posterior a los ataques terroristas del 11 de Septiembre del 2001, obligan al buque a tener conocimiento de su carga. El uso de RFID permite tener una visibilidad absoluta de lo que se encuentra al interior de un contenedor. La lectura se puede efectuar incluso en el sitio de carga, utilizando un lector manual. Si la información recopilada es congruente con la obtenida al consolidar la carga en el contenedor, y si los sellos no han sido violados, se tiene certeza sobre la carga que será embarcada.
- La comparación de información obtenida en diferentes terminales de lectura, minimiza el riesgo de pérdida por robos durante la carga o descarga de contenedores.
- En algunos países se está exigiendo la declaración de la carga antes de que el buque arribe al puerto. Por ejemplo, en Estados Unidos se instauró el "24-hour rule" como parte del "Maritime Transportation Security Act of 2002". Esta regla exige que los embarcadores envíen al puerto los datos de carga y pasajeros, 24 horas antes del arribo de la nave. Esta información puede ser automatizada por medio de un Sistema de Identificación que envíe señales de radio-frecuencia con información del buque, su carga y pasajeros, su velocidad y tiempo estimado de arribo.

2. *Proceso de almacenamiento de contenedores:*

- La información de destino final de la carga y el buque en que un contenedor será embarcado, permite organizar en forma automática la asignación de lugar de almacenamiento en patio de contenedores. Esto se traduce en menores costos

administrativos, reducción de tiempo utilizado y menores costos por optimización de utilización de la maquinaria.

- RFID permite a todos los entes involucrados en la administración de la carga en transporte, conocer el lugar de almacenamiento, la hora de llegada del contenedor y su momento de salida, lo que se traduce en mayor transparencia en los cobros. Cabe mencionar que la entrega de esta información puede ser utilizada además para automatizar el proceso de cobro por uso de patio de contenedores.
- Existe cierta carga que requiere un trato especial (por ejemplo, contenedores frigoríficos transportando perecibles). Tags especializados entregan información de condiciones ambientales al interior del contenedor. Esto permite tomar medidas para prevenir daños a la carga por efecto de falla de las condiciones de almacenamiento, reduciendo drásticamente la probabilidad de pérdida de la misma, lo que significaría un alto costo para el cliente y el proveedor.
- Las empresas logísticas que arriendan contenedores, conocen el sitio en que se encuentran sus activos y tienen el control del momento y lugar en que serán liberados y puestos a disposición para nuevas operaciones.
- La visibilidad global que entrega la tecnología RFID permite conocer en detalle la carga que salió desde el origen y la que arribó al destino (ya sea final o intermedio). De esta manera, tanto proveedores, como empresas logísticas, administradores de sitios de almacenamiento y clientes finales, tienen conocimiento de la carga, lo que disminuye la probabilidad de pérdidas por robos durante el almacenamiento de contenedores, y de tensiones entre los diferentes eslabones de la cadena.
- Las medidas de seguridad por carga considerada peligrosa y el control estatal de prevención anti-terrorista, han aumentado el costo de almacenamiento. El hecho de conocer la carga en el origen y en el destino, sumado a la integridad del sello, es en sí una medida que asegura que la carga almacenada no presenta ningún peligro ni riesgo.
- Un sistema RFID permite ubicar, dentro del límite de alcance del lector, un contenedor o una carga determinada al interior del mismo. Esto reduce drásticamente los tiempos y recursos que se deben destinar a esta actividad, reduciendo de esta manera el costo total de almacenamiento.
- Si se desea efectuar el proceso de internación o salida por aduana durante la espera en almacenamiento, el flujo automático de información por sistema RFID agrega gran valor, permitiendo la exportación de datos de carga al interior de un contenedor, los que administrados convenientemente entregarían la capacidad de llenado eficiente y eficaz de los formatos requeridos en cada puerto. Por ejemplo, en Estados Unidos se está llevando a cabo un programa que permita el llenado automático de documentos de aduana como el “315 message” o de los datos contenidos en el “Customs' Automated Management System (CMTS 309)” por medio de señales de Radio Frecuencia.

3. *Proceso de recepción y entrega terrestre:*

- Como se ha mencionado en puntos anteriores, el transporte marítimo debe estar integrado a un sistema multimodal que permita el traslado de la carga desde el terminal portuario hacia el destino final. Una parte importante de esta actividad es la verificación de la carga recibida, lo que tiene el propósito de asegurar el correcto movimiento de los activos a través de la cadena de abastecimiento. La tecnología RFID entrega un gran valor a este proceso, permitiendo leer en forma rápida la totalidad de la carga al interior de un contenedor cuando este es traspasado de un medio de transporte al otro. Esta información es de suma importancia para cada uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento.
- Los procesos de entrega y recepción de carga se efectúan en lugares con capacidad de lectura de carga por RFID. Esto, sumado al traqueo permanente de los medios de transporte utilizados, entrega visibilidad a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, reduciendo la tensión entre sus eslabones y minimizando el riesgo de pérdida de activos durante su traslado.
- Los procesos de recepción y entrega están comúnmente asociados a los procesos de salida de la carga de las fronteras de un país. Esto requiere la realización de actividades de aduana, las cuales pueden ser optimizadas, reduciendo el tiempo y los recursos utilizados en ellas.
- La salida de una carga del país, también exige medidas que aseguren al puerto de destino que la carga no contiene mercancía peligrosa o internación de elementos que pueden ser utilizados para actividades terroristas. Por ejemplo, Estados Unidos está llevando a cabo el programa CSI (“Container Security Initiative”), destinado a verificar la carga a la salida del puerto de origen, para lo cual cuenta con oficinas en 20 de los mayores puertos a nivel mundial. El uso de tecnología RFID entrega la información necesaria acerca de la carga, reduciendo el tiempo utilizado actualmente en efectuar esta actividad, optimizando la relación eficiencia del transporte / medidas de seguridad adoptadas.
- Los contenedores que transporten carga que requiera condiciones ambientales especiales pueden ser verificados al momento de la entrega a sistema multimodal, disminuyendo la probabilidad de pérdida por degradación de las condiciones.
- El uso de RFID permite a las empresas logísticas dedicadas al transporte multimodal conocer el momento actualizado del traspaso de contenedores desde un buque a otro medio. Esto permite reducir los costos por arriendo de sitios de espera, incrementar la relación movimiento / espera de la flota de camiones, diseñar mejores rutas y reducir el consumo de combustible.
- La información de destino que entregan los tags permiten direccionar correctamente la carga, lo que minimiza la probabilidad de entregas erróneas, reduciendo el costo que significa el reproceso.

E. DESAFÍOS FUTUROS:

Si bien el uso de tecnología RFID permite optimizar los procesos de transporte marítimo, en términos de reducción de costos y eficiencia, existen aún dos desafíos que deben ser abordados adecuadamente:

1. La estandarización del sistema de comunicaciones que permita la lectura de los contenedores en cualquier lugar del mundo en forma similar. El transporte marítimo es eminentemente una actividad de intercambio internacional, por lo que este obstáculo debe ser debidamente abordado.
2. En atención a que el uso de tecnología RFID permite optimizar globalmente la cadena de abastecimiento, se debe tomar la decisión acerca del mecanismo de cómo debe ser prorrateada su implementación entre los diferentes eslabones.

V. CONCLUSIONES:

En el presente trabajo se ha expuesto las posibilidades que entrega el uso de tecnología de radio frecuencia en la optimización global de la cadena de abastecimiento, haciendo luego énfasis en un eslabón determinado y acotado como lo es el transporte marítimo.

Como se ha expuesto, el uso de tecnología RFID, no solo permite una optimización global, si no que además reduce los grados de incertidumbre, al hacer visible la información del movimiento de carga a través de los eslabones que componen la red.

De esta manera, el uso de tecnología de radio frecuencia ataca los dos grandes desafíos que impone la administración adecuada de una cadena de abastecimiento.

Haciendo un resumen de los principales beneficios que se han expuesto en el trabajo, las ventajas que entrega el uso de la tecnología en mención son:

- A. Automatización de los procesos de flujo de información.
- B. Gran confiabilidad en la recopilación de información.
- C. Aumento en la acuciosidad de la información recopilada.
- D. Capacidad para tomar decisiones basadas en información actualizada en tiempo real.
- E. Gran visibilidad de los activos durante su traslado entre los diferentes eslabones de la cadena de abastecimiento.
- F. Amplia variedad de posibles soluciones a problemas crecientes como seguridad anti-terrorista, y la capacidad de optimizar los procesos en un escenario de constantes restricciones.

Estos beneficios solo se lograrán con la correcta implementación de un sistema a nivel mundial, lo que requiere de estándares de comunicación adecuados y de la inversión prorrateada de los diferentes actores de la cadena de abastecimiento.

BIBLIOGRAFÍA:

1. “Designing & Managing the Supply Chain”, Segunda Edición. Simchi-Levi, Kaminsky & Simchi-Levi.
2. “The Impact of Automatic Identification on Supply Chain Operations”. McFarlane & Sheffi.
3. “Security Requirements Strengthened for Vessels, Marine Facilities and Ports”, <http://www.cnw.ca/fr/releases/archive/May2004/21/c6633.html>.
4. “The Progress of Port Security”, Barry Parker (01/0/2004), http://www.iwsinc.com/News/A_STD.cfm.
5. “Seaports Can Meet Security and Business Requirements with Advanced Communications Networks”, http://www.cisco.com/en/US/strategy/transportation/security_business_requirements.html
6. “The State of Maritime Security”, The Testimony of Mr. Christopher Koch, President and CEO, World Shipping Council (24/03/2004)
7. “Extracto de entrevista de Peter Winer a Keith Dierkx, CEO de Embarcadero Systems”, 14/10/2004.
<http://64.233.161.104/search?q=cache:H0RL6rOmbAAJ:www.softmatch.com/Peter%2520Winer%2520interviews%2520Keith%2520Dierkx.pdf+rfid+and+maritime+transportation&hl=es>
8. “Automatización de Terminales Marítimas de Contenedores: El Proyecto Terminal 2010”, Juan Imeldo Gómez Gómez & Francisco Arvelo Valencia.
9. “DoD Supply Chain Implications of Radio Frequency Identification (RFID) Use Within Air Mobility Command (AMC)”, Naval Postgraduate School, December 2003. Lt. George Clark & Lt. Marcelo Hozven.