

Optimización de Sistemas Logísticos

Víctor Horacio Rodríguez

Trabajo presentado en el CIEII 2008, 5º Congreso Internacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial, México, 23 a 25 de Abril de 2008 y fue galardonado con el Tercer Premio.

La optimización de recursos, la reducción de costos y la fijación de un precio competitivo (entre otras actividades) son requerimientos básicos en los mercados actuales para obtener rentabilidad y permanencia en los mismos. El trabajo que presento aquí es el fruto de poco más de cuatro años de investigación, capacitación y desarrollo acorde a los requerimientos disponibles, tanto personales como de la universidad. Se utilizaron laboratorios para los ensayos de materiales y otras determinaciones cuantitativas.

Los costos logísticos de distribución representan aproximadamente el 25 % del costo total de un producto, razón para analizar la reducción del mismo.

El índice de paletización entre industria y canales de distribución llega a un 50% del volumen de productos de bienes de consumo en movimiento en Brasil, 75% en Argentina, mientras que en América Latina no supera el 40%.

Un producto sufre de 14 a 18 manipulaciones, añadiendo mayores costos (baja eficiencia, averías y pérdidas de productos).

Aspectos fundamentales para el desarrollo de esta actividad vinculan a la utilización de Pallets a lo largo de toda la cadena de distribución, siendo clave la disponibilidad y el buen estado de los mismos.

Por otro lado se estudió mediante la Logística Inversa el mercado de las bebidas carbonatadas, focalizando en el material plástico PET (Poli Etilen Tereftalato) y su comportamiento físico (en laboratorios).

La posibilidad de una sustitución de materiales en los Pallets era una opción válida a tener en cuenta. Plástico PET por Madera. Puntualmente el reemplazo de los tacos de madera (especies en extinción) por tacos de plástico PET (estadísticas de roturas de elementos constitutivos).

Incremento de producto por Pallet, reducción en costos de distribución, picking, reparación y aumento de vida útil son optimizados a través de este desarrollo.

La posibilidad a futuro del empleo de RFID (Identificación por Radio Frecuencia) en Pallets, es también contemplada.

El mundo de la logística empresarial enfrenta todos los días, el desafío de encontrar oportunidades de optimización a lo largo de la cadena integral de abaste-

cimiento dentro de todo tipo de organizaciones, ya sean de producción o de servicios. Dichos hallazgos generan ventajas competitivas que impactan directamente en sus estructuras de costos. Como todos sabemos la logística determina y coordina en forma óptima el producto correcto, el cliente correcto, el lugar correcto y el tiempo correcto; o sea para que esta conjugación de elementos se lleve a cabo, es importante saber que los costos logísticos de distribución representan aproximadamente el 25 % del costo total de un producto (1). Razón suficientemente válida para estudiar la posibilidad de reducir dicho indicador. El eje central del análisis dentro de la cadena de abastecimiento está dado en los sectores de Almacenamiento y Distribución.

La principal función del depósito consiste en entregar los productos en las condiciones solicitadas por los clientes, en los tiempos establecidos y al menor costo (2). Planteando disminuir el tiempo de entrega a su menor expresión posible. Otras funciones de mayor importancia dentro del depósito son la de asegurar el correcto control de los inventarios, la custodia de los bienes allí almacenados, como así también el gerenciamiento de la operación de transportación y distribución de mercancías.



Antiguamente, este sector se considera solamente el lugar físico donde se almacenaba los bienes y / o comercializaban. Este cambio de filosofía cobra fuerza en el momento en que, por razones estrictas de mercado, las

empresas comienzan a poner especial énfasis en la mejora de costos y la satisfacción de sus clientes, encontrando en el depósito una importantísima fuente de acciones capaces de generar valor. Dentro de la empresa, comenzó a reconocerse la importancia del depósito, hace no más de un par de años atrás, momento en el cual paso de ser un simple sector de entrega y recepción a una parte fundamental e importante.

En la actualidad, todos los esfuerzos se basan en la atención a los clientes y, tomando esto como premisa, se convierte en un sector de gran importancia, pues no solo la entrega se realiza de una forma rápida y en el tiempo justo, sino que se trata por todos los medios de abaratar costos. Por otra parte, los depósitos toman a su cargo muchas funciones ocultas de la cadena de abastecimiento, apunto tal de que el personal del depósito debe brindar, en muchos casos, soporte directo al área de Marketing. Incluso algunos especialistas sostienen que el depósito se emplea actualmente como una herramienta de dicho departamento. Lo cierto es que los multifacéticos roles del depósito (3), como absorbedor de golpes, proveedor de recursos o canal de información, todavía constituyen uno de los factores fundamentales de la Supply Chain. Refiriéndonos a las actividades operativas que se llevan a cabo dentro de los depósitos se encuentra el picking que es el conjunto de operaciones destinadas a extraer y acondicionar los productos demandados por los clientes. La preparación de los pedidos trata de lograr la coordinación de las estanterías o racks, zorras, autoelevadores, métodos organizativos, la informática y las nuevas tecnologías para mejorar la productividad. En lo que respecta a costos es la actividad que más se ve representada por los mismos. Incluyendo tareas como desplazamientos de personal para buscar productos, retornar a la zona de preparación de los pedidos (captura de datos y generación de órdenes, preparación de los elementos de manipuleo según criterios en pallets, rolls, etc.), extracción de la mercancía solicitada de las estanterías (en altura, recuento, ubicación sobre elemento de transporte interno), devolución a las mismas de los productos sobrantes, acondicionamiento de los pedidos (colocación de cajas, precintado, pesaje y etiquetado), traslado a la zona expedición y clasificación por transportistas, destino, control y seguimiento. Representa aproximadamente entre el 45 y el 75% del costo total de las operaciones de un almacén. Otro dato importante a tener en cuenta es que el índice de paletización entre la industria y los canales de distribución llega a un 50% del volumen de productos de bienes de consumo en movimiento en Brasil, 75% en Argentina, mientras que en América Latina no supera el 40%. Evidentemente, todavía se practica el manoseo de producto en la cadena de

abastecimiento.

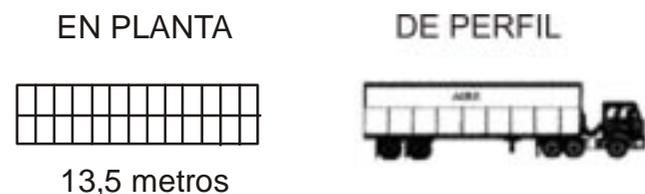
La distribución que no está paletizada proyecta que, desde la industria hasta el consumidor final, un producto puede sufrir de 14 a 18 manipulaciones, añadiendo mayores costos logísticos, debido a la baja eficiencia de la operación, averías y pérdidas de productos.

El embalaje tiene conexión directa con el transporte ya que en variadas circunstancias éste permite optimizar la carga en un tráiler (4). Optimizar la ocupación del camión en transporte de carga completa es muy importante. Normalmente sucede que no se puede remontar la mercancía debido al volumen de la misma, pero en otras circunstancias puede ser aprovechada. Normalmente un tráiler cuya cama tiene 13,5 mts. de longitud lleva sin remontar 26 pallets es decir, si en lugar de llevar esta cantidad pudiera cargar 32 o 33 pallets ó más el costo unitario de arrastre sería sensiblemente inferior.

En casos en que la demanda a satisfacer no es tanta como para completar el camión, el transportista cobra por metro lineal. El gran desafío está en descubrir algún tipo de embalaje cuyas propiedades pueda permitir remontar los pallets adicionales.

La distribución en la industria ha tenido un rol crítico en el crecimiento de la economía. Uno de los aspectos fundamentales para el desarrollo de esta actividad se encuentra estrechamente ligado a la utilización de Pallets en las operaciones dentro de los centros de distribución. Todos los centros de distribución (convencionales, mecanizados o automatizados) tienen Pallets en común.

El pallet, es la base sobre la cual se ubican las unidades de carga para su movimiento. Los pallets son plataformas móviles usadas para apilar la mercadería. Las cajas se ubican sobre el, manual o mecánicamente, de manera que el total de la unidad de carga pueda ser movido a la vez. La disposición de las cajas en forma de bloques alternantes genera un esquema entrelazado que estabiliza al pallet durante las operaciones normales de manipulación y apilamiento.



La administración del parque de pallets propios, que origina el intercambio simple de pallets entre industrias y canales de distribución, no siempre ha sido una operación de éxito, sino que por el contrario, a medio plazo, ha

generado problemas crónicos a aquellas acciones involucradas en el proceso. Esto se debe a que en la mayoría de los casos, el régimen de intercambio simple (industria – canales de distribución – industria), además de elevar los costos de mantenimiento de los pallets, redujo drásticamente su promedio de vida. También el régimen de intercambio simple, da a conocer el índice de pérdida de pallets generado por la dificultad de controlar los activos y los flujos involucrados, que puede alcanzar un 50 % al año.

Asimismo, la calidad del pallet también se ha degenerado. Todo esto ha forzado a la industria a la continua reposición de pallets para evitar que sus plantas paren de operar. Por otro lado, al regresar a la industria, estos pallets casi siempre se encuentran inadecuados para el uso directo en la producción, debido a problemas de calidad heterogénea, no están limpios y a diversas averías. Desde los años 60 y 70 hasta principios de los 80 se implantó la filosofía de usar y tirar. Pero los tiempos evolucionaron acorde al contexto global. Contaminación medioambiental, calentamiento global, proliferación de basuras y plásticos, etc. son cada día más agobiantes. La reacción a estos incidentes fue plasmada a través de algunos convenios de importancia como el protocolo de Kyoto, en donde se promueve la filosofía de las 3 R: Reducir, Reutilizar y Reciclar.

El pallet más empleado por sus características es el denominado "Pallet de Intercambio" que está estandarizado e identificado por la norma IRAM 10016 que se encuentra vigente desde 1998 y rige para todo el país. Además, esta actualmente incluido dentro de las normativas del MERCOSUR. Este mismo está constituido con las medidas de 1200 mm X 1000 mm con una altura de entre 145 y 162 mm de altura. Siendo su capacidad de carga de 1,5 Tn y apilado de hasta 4 tarimas. Todos los sectores productivos y de servicios son sumamente dependientes de los pallets, y gastan millones de dólares al año para comprarlos, mantenerlos y repararlos.

Utilizar un sistema de pallets representa algunas ventajas. En este caso, los pallets pueden ser usados como parte de un proceso de envíos que comienza con los fabricantes y termina cuando los productos se venden en los comercios. Además, hacen que el transporte sea más eficiente al permitir manipular las cargas desde los cuatro costados, permitiendo así un uso más efectivo de la superficie del piso del tráiler. También se reduce el tiempo de descarga.

Finalmente, se reduce el daño a los productos de tránsito si es que los esquemas y las dimensiones de los paquetes se diseñan de manera tal que las cajas se puedan poner entrelazadas sin que sobresalga de los lados del pallet (5).

Los pallets también posibilitan un menor gasto del tiempo en tareas como chequeo de los productos, ya que la mercadería puede ser contada por carga o por hilera, en vez de producto por producto. No obstante, a pesar de sus ventajas, este sistema posee también puntos negativos. Los pallets requieren de espacio en el equipamiento que los transporta y puede suceder que se caiga la carga del pallet durante su transporte. Además, debe haber un método para reparar o reemplazar pallets dañados, depositarlos en el establecimiento e intercambiarlos.

Los problemas surgen cuando se cambian los pallets del centro de distribución por otros de inferior calidad. Otras problemáticas en las que se pone esfuerzo están dadas por la baja calidad de las nuevas plataformas y el mal estado de las usadas, la falta de un registro normalizado de proveedores, el alto costo de la administración y gestión de pallets entre usuarios, los inconvenientes con la devolución de los pallets, la existencia de un mercado paralelo y la falta de un documento estándar de intercambio. Al preparar pedidos o hacer cross docking, (los operadores logísticos) aportan pallets al sistema de intercambio pero a veces con elementos deteriorados y consecuentemente se tiene una posición débil para demandar soluciones. Los participantes involucrados a lo largo del canal de distribución, consideran que la vida útil es de entre 25 a 30 ciclos (6), para la reposición de los pallets. Sin embargo, se siguen buscando maneras adecuadas para resolver estos inconvenientes.

Algunos años atrás el mercado argentino contaba con cerca de tres millones de pallets, de los cuales debían renovarse aproximadamente el 50 por ciento del total. En ese momento el 40 por ciento del mercado de pallets se encontraba «en negro», fuera de cualquier normativa vigente. En promedio, entre 1990 y 1999, el precio en Argentina y Brasil, manteniendo los mismos estándares de calidad, era prácticamente equivalente a los de la Unión Europea.

Estudiosos de la temática (7) propusieron rever la norma IRAM, que define la calidad y los materiales a utilizarse en la construcción del pallet. Propone utilizar madera fina, disminuir los clavos (de 125 a 105) y el calibre (de 28 mm a 25 mm). Por otro lado, en el año 2005, se averiguó que existen empresas que reparaban pallets por 2,50 pesos. Si calculamos que una tabla puntera costaba poco más de 1 peso; un taco, 80 centavos de peso; nueve clavos (la cantidad necesaria para una tabla), 16 centavos de peso. Era imposible reparar con calidad según esos valores. En realidad la reparación debió costar entre seis y siete pesos.

Logística Inversa, se encarga de gestionar el retorno de las mercancías de la forma más efectiva y económica posible; de la recuperación, reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de

retorno de exceso de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. También procura adelantarse al fin del ciclo de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación.

El estudio y la relación con la Supply Chain nos llevó a investigar al sector alimenticio, particularmente el de las bebidas carbonatadas y su relación con la logística inversa. Se observó un volumen de ventas registrado en el año 2006 de aproximadamente 160.000.000 de unidades, un nivel de Scrap (desperdicios PET) 3% equivalente a 4.800.000 unidades al año, peso promedio (55 gr/ Botella) Scrap 723 Kg. por día en planta, inexistencia de un plan de gestión medio ambiental de reciclado. Región del NOA (Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero) la generación de Scrap es de 2169 Kg aproximado por día. Involucrándonos con el material PET cuyas excelentes propiedades físicas (8), (procesable por soplado, inyección y extrusión, resistente al impacto, alta resistencia al desgaste, excelente coeficiente de deslizamiento, buena barrera al CO₂ aceptable al O₂ y la humedad, muy buena relación Costo / Performance, Liviano, entre otros más) se llevó a cabo un estudio del comportamiento del material en los laboratorios de la Universidad Nacional de Tucumán (9) correspondientes a determinar los valores a ensayos de flexión, compresión, fundición (mediante diversos métodos para la obtención de probetas) y determinación del poder calorífico del PET. Los resultados obtenidos luego de las experiencias son muy alentadores, razón por la cuál nos lleva a relacionarlo con la posibilidad de efectuar una optimización dentro de la logística integral. Considerando especialmente los esfuerzos de compresión realizados en los materiales, concluimos que para la madera cuya área igual a 0,0210 m², q_{máx.} = 140,83 Kg y σ_{adm} = 0.65 MPa; mientras que para el PET un área de 0,0165 m², q_{máx.} = 6,9 Tn y un σ_{adm} = 4.14 MPa. Por lo tanto, El PET ofrece una resistencia de carga normal superior en aproximadamente 49 veces a la madera.

Sector de mercado regionalizado, logística inversa, disminución de costos operativos, gestión ambiental, óptimas propiedades mecánicas del PET, trazabilidad, entre otras razones nos llevan a concluir que una posible sus-



titución de materiales en los Pallets era una opción válida a tener en cuenta. Plástico PET por Madera. Puntualmente el reemplazo de los tacos de madera (Quebracho Blanco, Álamo, u otras especies en extinción (10)) por tacos de plástico PET Razón justificada tras estudiar las estadísticas de roturas y cambios de elementos constitutivos del Pallet y observar personalmente en los lugares donde se lleva a cabo la reparación de los mismos. Se focalizó en dos ejes importantes de la economía y la sociedad.

En primer lugar la logística de aprovisionamiento, y en segundo orden el enfoque sobre de la responsabilidad social y ambiental. En el primero se trato en profundidad la estructura de costos y cantidades relacionadas al concepto y a continuación las políticas de impacto directo en la sociedad involucrada relacionadas con el medio ambiente. Para finalizar una aproximación al futuro mediante la incorporación de tecnología que promete continuar la tendencia de reducción de costo.

Con respecto a la determinación de los costos se tuvo en cuenta la siguiente información del mercado; precio de compra de PET 50 centavos de peso por kilogramo, el peso promedio de cada botella de PET es de 55 gramos, estimación de ventas de bebidas carbonatadas y aguas minerales durante el año 2006 de aprox. 156.000.000 en la provincia de Tucumán y el noroeste argentino (indicador según líder del mercado), porcentaje de recuperación (para el empleo de nuestro propósito) del mercado generador de PET 0,35 %, requerimiento de 46080 botellas mensuales para una producción de 1920 tacos por mes aproximadamente empleando 24 botellas de plástico PET por cada taco generado. Para la generación de los mismos se consideraron los siguientes costos:

Costo energía por Taco (\$/Taco)	Costo compra PET por Taco (\$/Taco)	Costo de Personal por Mes (\$/Taco)	Costo Horno (\$/Taco)	Costo Inmueble (\$/Taco)	Costo Total por Taco (\$/Taco)
0,11	0,66	0,31	0,36	0,63	2,07

Por otro lado se llevó a cabo una proyección de 9 años de ventas de bebidas carbonatadas y el impacto de la optimización de los pallets a lo largo de la cadena de aprovisionamiento en sectores como: logística de distribución, picking, warehousing, carga de pallet (kg/m²), ciclo de vida útil, mantenimiento.

Optimización de Costos Logísticos

Períodos	Ventas Bebidas	Log. Dist.1	Log. Dist.2	Picking 1	Picking 2	Almacén 1	Almacén 2	Carga Pallet 1	Carga Pallet 2	Vida útil 1	Vida útil 2	Manten. 1	Manten. 2
<i>Años</i>	<i>MM \$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>Ciclos</i>	<i>Ciclos</i>	<i>Ciclos</i>	<i>Ciclos</i>
2003	1800	360	324	252	227	252	290	180	1980	25	100	7	4
2004	1900	380	342	266	239	266	306	190	2090	25	100	7	4
2005	2090	418	376	293	263	293	336	209	2299	25	100	7	4
2006	2299	460	414	322	290	322	370	229	2529	25	100	7	4
2007	2529	506	455	354	319	354	407	252	2782	25	100	7	4
2008	2782	556	501	389		389	448	278	3060	25	10		
2009	3060	612	551	428	386	428	493	306	3366	25	100	7	4
2010	3366	673	606	471	424	471	542	336	3703	25	100	7	4
2011	3703	741	666	518	467	518	596	370	4073	25	100	7	4

1.- Se considera el pallet tradicional con tacos de madera. 2.- Se considera el pallet nuevo con tacos de PET

Resultado de Costos Logísticos

Períodos	Logística	Picking	Almacén	Carga	Vida	Manten.
<i>Años</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM\$</i>	<i>MM \$</i>	<i>MM\$</i>	<i>Ciclos</i>	<i>Ciclos</i>
2003	36	25	38	180	75	3
2004	38	27	40	190	75	3
2005	42	29	43	209	75	3
2006	46	32	48	230	75	3
2007	51	35	53	253	75	3
2008	56	39	59	278	75	3
2009	61	43	65	306	75	3
2010	67	47	71	337	75	3
2011	74	52	78	370	75	3

Un incremento del 10 % promedio en carga de producto por Pallet. Reducción promedio de 10 % en costos de distribución, picking y un aumento de la vida útil de 4 veces produciendo una reducción cercana a 3 veces la necesidad de reparación. Las conclusiones sobre la primera parte residen por un lado en un importante aumento de la capacidad de carga debido al nuevo material, disminución en los costos operativos de transporte (arrastre unitario), manipuleo (menor tiempo operativo), roturas, pérdidas y mayor capacidad de almacenamiento por metro cúbico (estiba en altura).

Mayor durabilidad de los tacos, por consiguiente menor mantenimiento y roturas de los pallets (caídas accidentales, choques de uñas de auto elevadores, etc.). Menor degradabilidad del material (tacos) ya que evita el ataque de bacterias, hongos u otros microorganismos que son comunes en maderas. Menor cantidad de pallets empleados por lo tanto menor inversión en bienes muebles y espacio destinado a los mismos.

Por otro lado, en cuanto al segundo aspecto principal,

(responsabilidad social y ambiental) la idea es comenzar a promover una conciencia por la clasificación de residuos en origen, de modo que los desechos puedan ser tratados con más facilidad y tener un destino acorde. Consecuente con esta política crear un una cooperativa u organización con aquellas personas de escasos recursos que viven de los residuos procurando separarlos para luego venderlos. Socialmente se los considera marginados, es que mediante esta acción se los pueda coordinar para otorgarles un trabajo digno y respaldo.

En cuanto a la responsabilidad ambiental y en compromiso con el medio ambiente se promueve una política de protección de determinadas especies en extinción como lo es el caso del Quebracho Blanco, Álamo entre otras; incursionando en otro tipo de material cuya prestación de servicio supera a las anteriores.

Para concluir, la incorporación de tecnología en los Pallets resulta muy beneficiosa ya que promueve la continua reducción de costos en diversos aspectos. La idea gira alrededor de la RFID (Identificación por radio frecuencia).

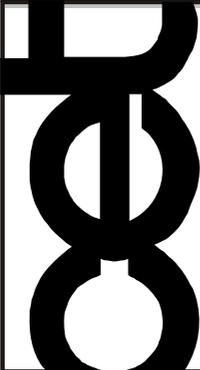
Aumentará la eficiencia de la cadena de distribución, reducirá errores en la información acerca de los productos, tendrá un mayor control de la calidad de los productos, mayor control sobre el stock almacenado, se podrá liberar a personal de tareas mecánicas para que puedan realizar labores más complicadas, mejorará el tiempo de respuesta de todos los agentes, se podrá tener información real e inmediata sobre las tendencias de venta de un producto, se evitará hurtos, imitaciones y falsificacio-

nes, mejorará el reciclaje de productos y la trazabilidad de los mismos. Además se podrá efectuar el seguimiento de la unidad, predecir el mantenimiento, el ciclo de vida, la cantidad y tipo de producto transportado durante los circuitos, entre otras actividades. Esto impactará directamente en una reducción estimada de entre el 20 al 30 % de los costos actuales, mejorando cada vez más la eficiencia de las operaciones logísticas en todo tipo de empresas, ya sean de producción como de servicios.

Bibliografía

- (1) **Daniel Serra de la Figuera**. La logística Empresarial en el nuevo milenio. Editorial Gestión 2000.com
- (2) **Octavio Carranza**. Logística. Mejores prácticas en Latinoamérica. Editorial Thomson.
- (3) **Carlos Toppazzini**. "El Rol del depósito en la cadena logística". Revista Énfasis. Logística. Junio 2000. Pág. 106
- (4) **Mikel Mauleón**. Logística y Costos. Edición 2006. Madrid – Buenos Aires. Editorial Díaz de Santos.
- (5) **Antonio Pablo Conti**. Embalaje y almacenamiento. Junio 1999. Cátedra de Embalaje y Almacenamiento. U.T.N. Córdoba.
- (6) **Pedro Francisco Moreira**. "Pallet: herramienta para la optimización logística". Énfasis. Logística. Octubre 2001. Pág. 54
- (7) <http://www.webpicking.com/hojas/pallet.htm>
- (8) **Q. F. B. Hened Saade y L. C.Q. Janett Valdez**. "Transparentemente consentido". Revista Énfasis Packaging. Junio 2004. Pág. 22
- (9) **Rodríguez Víctor Horacio**. "Investigación sobre Reutilización y Reciclado de plástico PET incorporado a la Logística Inversa". San Miguel de Tucumán. Provincia de Tucumán. República Argentina. 2006. vihor1@hotmail.com
- (10) <http://www.ambiente-ecologico.com/revist51/asora51b.htm>

Este trabajo ha sido presentado en el CIEII 2008, 5º Congreso Internacional de Estudiantes de Ingeniería Industrial, realizado en México, entre el 23 y 25 de Abril del corriente año y ha sido galardonado con el TERCER PREMIO. Su autor, Víctor Horacio Rodríguez, de 28 años, es estudiante de 5º año de Ingeniería Industrial en la FACET UNT y fue el único representante de nuestro país.



INVITACION A LOS DOCENTES E
INVESTIGADORES DE LAS
UNIVERSIDADES NACIONALES

Se ofrecen las páginas de las distintas secciones de la revista cet a los Docentes e Investigadores de las Universidades Nacionales para la publicación de sus trabajos.