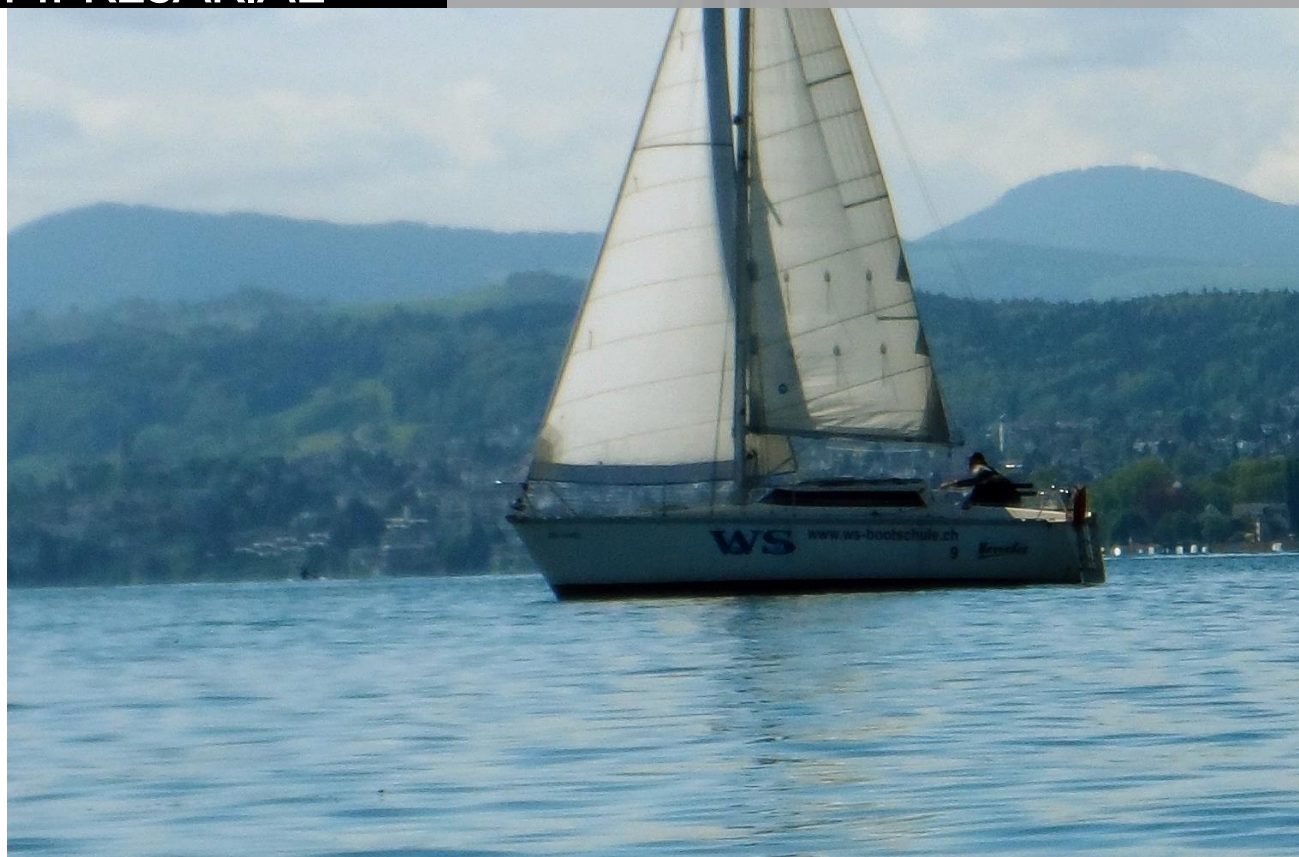


# DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EMPRESARIAL

La revista electrónica de COLINNOVACIÓN, tiene el compromiso de informar sobre la actualidad de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en Colombia.



# I Tabla de contenido

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE GRAN ESCALA: INNOVACIÓN PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA .....	3
TERAPIA CELULAR: HACIA UNA MEDICINA REGENERATIVA.....	12
DESGASTE DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS EN LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.....	17
PLATAFORMA DE PAGO ELECTRÓNICO EN COLOMBIA .....	23

## DIRECTOR

Gabriel Alberto Zamudio

## EDITOR

Julian Andres Zamudio

## CONSEJO EDITORIAL

Hermann Fuquen  
Juan Carlos Salavarrieta  
Claudia Sánchez

## COLABORADORES ESPECIALES

M.D. Susana Soto



**IMPRESIÓN - WEB**  
COLINNOVACIÓN SAS.

**COMUNICACIÓN**  
colinnovacion@gmail.com  
contacto@colinnovacion.com

Desarrollo Tecnológico e  
Innovación Empresarial  
Edición 5 – Volumen I  
ISSN 2322-8725

# SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE GRAN ESCALA: INNOVACIÓN PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

[Hermann Fuquen](#) Consultor en Innovación Tecnológica (COLINNOVACION)

**Abstract**— Los sistemas de almacenamiento de energía de gran escala han tomado cada vez más relevancia para asegurar la calidad en los servicios de despacho eléctrico en sistemas interconectados de distribución eléctrica y aún más con la integración de fuentes renovables de energía eléctrica como la eólica y solar. En este artículo se realiza una revisión de los sistemas de almacenamiento de energía disponibles en el estado del arte de la tecnología, las aplicaciones más frecuentes para estos sistemas de almacenamiento y se analiza como pueden ser útiles estos sistemas a los desafíos que los mercados eléctricos hoy imponen.

**Index Terms**— Sistema Eléctrico, Baterías de Ion-Litio, Sistemas de Control, Capacidad de Carga.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de distribución de energía eléctrica han sido sometidos a grandes cambios, los cuales se derivan del crecimiento a la demanda de energía eléctrica que el mundo vive, gracias a la tendencia de urbanización de ciudades y el desarrollo tecnológico que ha traído por ejemplo a los automóviles híbridos y eléctricos como medios de alto consumo eléctrico. Esto ha obligado a ampliar la infraestructura eléctrica para responder a esta nueva demanda.

De otra parte, la entrada de las energías renovables a los sistemas de generación eléctrica de gran escala como son los proyectos de generación de energía eólica o solar, debido a su carácter intermitente de generación, requieren sistemas de respaldo que permitan el almacenamiento de energía con el fin de compensar los momentos en que la generación se detiene por el comportamiento meteorológico.

En este documento se identificará y evaluará la tecnología de almacenamiento de energía eléctrica disponible en el estado del arte mundial, realizando una revisión conceptual y de patentes para conocer el estado de la técnica y sus posibles aplicaciones y usos. El artículo finaliza con la descripción de algunas aplicaciones de esta tecnología y conclusiones sobre el tema propuesto.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Los sistemas de almacenamiento de energía permiten la acumulación de energía eléctrica para ser utilizados en distintas aplicaciones donde se encuentran según el tipo de escala de requerimiento eléctrico, desde baterías de computadores portátiles, celulares y dispositivos móviles a baterías de vehículos eléctricos hasta los sistemas de gran escala para soporte a la red de transmisión y distribución de energía eléctrica como son los de interés en esta revisión.

Los sistemas Energy Storage para soporte a la red de distribución, suelen ser compuestos de sistemas de baterías que de

forma integrada que permiten generar grandes capacidades de suministro eléctrico. Este tipo de soluciones actualmente son necesarias para el control de picos de potencia y calidad en el suministro eléctrico así como la integración con sistemas de energía renovable (Vazquez, 2010).

La naturaleza intermitente de la generación eléctrica proveniente de recursos renovables presenta restricciones que impactan en la estabilidad del sistema, la fiabilidad y calidad de la energía. El problema de la disponibilidad esporádica de generación eléctrica de los recursos renovables puede tratarse mediante la introducción de sistemas de almacenamiento de energía para distribuir la energía generada según la demanda creada (Ibid).

Por tanto, grandes sistemas de almacenamiento de energía se empiezan a utilizar habitualmente junto con la generación de energías renovables como la eólica o solar para estabilizar la salida de potencia y aprovechar de mejor manera la generación de este tipo de fuentes, permitiendo su uso comercial a través de las redes de distribución eléctrica (Kloess, 2014).

Sin embargo, los sistemas de almacenamiento de energía pueden utilizarse para complementar la generación eléctrica con recursos renovables como también para hacer frente a los problemas de calidad en el suministro de la energía, proporcionando servicios auxiliares a la red que soportan estas eventualidades que distorsionan la confiabilidad del suministro o la hacen más costoso por reglas tarifarias.

Otro aspecto a tener en cuenta es el marco regulatorio de cada región, el cual dependiendo de su estructuración permitiría incentivar a los generadores a la implementación de sistemas de almacenamiento. Del nivel de regularización e integración de las empresas generadoras y distribuidoras de energía, dependerá el éxito de implantación de estos sistemas de almacenamiento para su operación rentable y operación eficiente.

Las tecnologías disponibles son muy variadas y van desde la tradicional batería de Plomo-Acido a baterías de Ion-Litio, Níquel Cadmio o baterías de flujo hasta soluciones de acumulación física como el bombeo hidráulico o de aire comprimido. Este tipo de tecnologías serán revisadas a continuación, así como la generación de patentes en el área de estudio.

### 3. TECNOLOGÍAS EXISTENTES PARA EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Existen varias tecnologías para el almacenamiento de energía, las distintas tecnologías se diferencian por los distintos niveles de rendimiento de la batería. Para medir el rendimiento de una batería, la variable más básica se enfoca en establecer la densidad de energía (Wh/kg) y la densidad de potencia pico (W/kg). Este enfoque es adecuado para mostrar el rendimiento relativo de varios tipos de baterías, pero no muestra el rendimiento de una batería en particular, ya que se requiere el conocimiento de la curva Ragone (Wh/kg vs. kg/W para las descargas de potencia constante), el voltaje de la batería en circuito abierto y la resistencia contra el estado de carga, la capacidad (Ah) frente a la corriente de descarga y la temperatura y las características de carga de la batería en diversas tasas y temperaturas (Burke, 2008). Los principales tipos de baterías en uso en el mercado se basan en ácido-plomo, Níquel metal hidratado o Ion-Litio.

En los últimos años se ha intensificado el estudio para la fabricación de baterías en países como USA, Brasil, China, Francia y Alemania, con el objetivo de mejorar la eficiencia de vehículos eléctricos. También se conocen de varios proyectos para abaratar el costo de las baterías tipo Ion-Litio, donde empresas como Panasonic y Tesla iniciaron la construcción en conjunto de una planta para la producción a gran escala de este tipo de baterías (Zuleta, 2014) que tiene proyectado tener completa capacidad de producción para 2018 (TESLA MOTORS, 2016). También otras organizaciones con planes similares se centran en empresas coreanas como Samsung y LG (Ibid). Por tanto se espera que en el largo plazo el costo de este tipo de baterías se reduzca significativamente, permitiendo un mayor acceso a distintas aplicaciones de almacenaje de energía eléctrica.

En la Tabla 1 se identifican los tipos de almacenamiento de energía más relevantes en actual uso y sus características primordiales:

A continuación se describen las principales aplicaciones de baterías disponibles en la actualidad con sus distintas características básicas de operación.

**Baterías Acido-Plomo:** Esta es una de las tecnologías más comunes y antiguas que data del año 1800 ya que son la base de carga de energía eléctrica de los vehículos de transporte convencional. Las baterías de ácido-plomo se componen de plomo esponjoso como el material activo negativo, dióxido de plomo como el material activo positivo, inmerso en un electrolito de ácido sulfúrico diluido y el plomo como el colector de

corriente. Durante la descarga el sulfato de plomo es el producto en ambos electrodos. Si las baterías se descargan en exceso o se mantienen en estado de descarga, los cristales de sulfato se hacen más grandes y son más difíciles de romper durante la recarga. Para una batería de tipo química como la de ácido-plomo, estas pueden ser diseñadas de forma diferente según las características de energía y potencia. En este tipo de baterías así como en otras tecnologías hay que balancear entre la densidad de energía y la densidad de potencia, ya las baterías de mayor potencia son las que tienen significativamente menor densidad de energía y viceversa. Esto es cierto para todos los tipos de baterías (Burke, 2008).

TABLA 1  
TIPOS DE BATERÍAS Y ACUMULADORES DE ENERGÍA Y CARACTERÍSTICAS. FUENTE: (VAZQUEZ, 2010)

Tipo de batería	Eficiencia Energética (%)	Densidad de Energía (Wh/kg)	Densidad de Potencia (W/kg)	Ciclos de Vida	Nivel de Auto descarga
Acido-Plomo	70-80	20-35	25	200-2000	Bajo
Ni -Cd	60-90	40-60	140-180	500-2000	Bajo
Ni-MH	50-80	60-80	220	<3000	Alto
Ion-Litio	70-85	100-200	360	500-2000	Medio
Litio Polímero	70	200	250-1000	>1200	Medio
NaS	70	120	120	2000	-
CAES	40-50	10-30	-	> 20 Años	-
Bombeo Hidráulico - PHS	65-80	0.3	-	> 20 Años	Poco Significativo
VRB	80	25	80-150	>16000	Poco Significativo

Fuente: Vazquez (2010)

Las baterías de plomo siguen siendo frecuentes en aplicaciones sensibles a los costos, donde la baja densidad de energía, el ciclo de vida limitado no son un problema y donde se requieren robustez y tolerancia al uso y al abuso en aplicaciones específicas. Según autores como Vazquez (2010), los avances recientes apuntan a sustituir al plomo con materiales más ligeros tales como carbono para aumentar la densidad de potencia y energía.

**Baterías de Ion-Litio:** En este tipo de baterías los iones de litio se mueven entre el ánodo y el cátodo para producir un flujo de corriente. La principal ventaja de este tipo de tecnología en baterías son altas relaciones de energía-peso, no contar con efecto memoria y contar con niveles de auto-descarga bajo. Este tipo de baterías son ampliamente usados en dispositivos electrónicos como computadoras y teléfonos celulares y su uso también está siendo implementado en vehículos eléctricos entre otros (ESA - Energy Storage Association, 2015). Tam-

bién en sistemas de alta capacidad son muy utilizadas por su buena relación de densidad de carga. La célula de esta batería puede ser operada con un mayor nivel de corriente que otras células, pero aún existen algunos problemas que hay que resolver. La resistencia interna puede producir calentamiento y dañar la batería. Por lo tanto, para garantizar una operación segura, es obligatorio el uso de un sistema de gestión de la batería para proporcionar cuando es requerido la sobretensión o baja tensión, evitando el exceso de temperatura y permitiendo la protección a la sobre-corriente. Además, los sistemas más avanzados proporcionan equilibrio de voltaje de la célula, que asegura que todas las baterías funcionan a la misma tensión y por lo tanto mantienen el estado de carga (Vázquez, 2010).

**Níquel Cadmio – Níquel Metal Hidratado (NiCd / NiMH):** Las baterías NiCd fue la opción seleccionada para muchos dispositivos eléctricos y electrónicos entre los años 1970 y 1990. Este tipo de baterías ha sido remplazado por el NiMH y el Ion Litio debido al mejor desempeño de estos últimos. La batería NiCd utiliza oxihidróxido de níquel para el electrodo positivo y cadmio metálico para el electrodo negativo. Debido a las desventajas de la batería NiCd como la alta tasa de descarga autónoma, el efecto de memoria y un menor ciclo de vida, este tipo de batería ha sido reemplazada por otros tipos de tecnología (Ibid).

**Baterías de Sodio Sulfúrico (NaS)** Este tipo de baterías fue desarrollado inicialmente por Ford Motor en 1960 y posteriormente la empresa Japonesa NGK adquirió la tecnología y terminó su desarrollo (ESA - Energy Storage Association, 2015). La batería consta de azufre fundido en el electrodo positivo y sodio fundido en el electrodo negativo separados por un electrolito sólido de cerámica de alúmina. El electrolito permite que sólo los iones de sodio positivos pasen a través de ella y se combinan con el azufre para formar sodio polisulfurado. Durante la descarga, los iones de sodio positivos fluyen a través del electrolito. La temperatura de funcionamiento de la batería está en el intervalo de 300°C a 360°C. Por lo tanto, necesita ser calentado externamente para un funcionamiento óptimo de este tipo de baterías tipo NaS (Vázquez, 2010).

Las baterías NaS exhiben alta potencia y densidad de energía (más de cuatro veces la de la batería de ácido-plomo), alta eficiencia de Coulombic (unidad básica de carga eléctrica), buena estabilidad de temperatura, largo ciclo de vida, bajo costo y buena seguridad. Las baterías están hechas de materiales abundantes y de bajo costo, lo que hace que sean adecuadas para la producción en masa de alto volumen. Grandes avances se han hecho en las últimas dos décadas, en particular bajo la colaboración de la empresa Tokyo Electric Power (TEPCO) y NGK Insulator Ltd., (NGK). Estas baterías se pueden usar para la nivelación de carga, suministro de energía de emergencia o las aplicaciones de UPS - Uninterruptible Power Supply, siendo adecuado para una serie de mercados, incluidas las aplicaciones industriales, propietarios comerciales y sistemas de generación de energía eólica. Las baterías generan hasta 1,2 MW de potencia para un máximo de 7 h, aliviando por ejemplo casos de alta tensión en una subestación sobrecargada (Ibid).

**Baterías de Flujo:** Las baterías de flujo (Flow Batteries - FB) son una tecnología prometedora que desacopla la energía total almacenada de la potencia nominal. La potencia nominal depende del tamaño del reactor, mientras que la capacidad almacenada depende del volumen del tanque auxiliar. Esto hace que este tipo de baterías sean adecuadas para proveer grandes cantidades de energía a empresas de distribución eléctrica (ESA - Energy Storage Association, 2015). Funciona bajo el mismo principio de generación de la acumulación por celdas de hidrógeno ya que utiliza dos electrolitos que son guardados en diferentes tanques. Dentro de las posibles reacciones electroquímicas disponibles para esta tecnología se cuenta: 1) Bromuro de Zinc, 2) Vanadio (VRB), 3) Bromuro Polisulfatado, 4) Aire de Zinc. La más óptima ha sido la VRB que alcanza niveles de eficiencia del 80% (Vázquez, 2010)

**Almacenaje de energía a través de aire comprimido – CAES:** Almacenamiento de energía de aire comprimido es una tecnología que almacena energía en forma de aire comprimido para su uso posterior. La energía se extrae utilizando una turbina de gas estándar, donde la etapa de compresión de aire de la turbina se sustituye por el CAES, eliminando así el uso de combustible de gas natural para la compresión de aire. El diseño del sistema es especial ya que la compresión de aire y la expansión son procesos exotérmicos y endotérmicos, respectivamente. Para solucionar esto se consideran tres tipos de sistemas para gestionar el intercambio de calor (Kloess, 2014).

- 1) De almacenamiento isotérmico, que comprime el aire lentamente, permitiendo así que la temperatura se iguale con la temperatura ambiente. Este sistema funciona bien para pequeños sistemas en los que la densidad de potencia no es primordial.
- 2) Sistemas adiabáticos, que almacenan el calor liberado durante la compresión y se alimentan de nuevo en el sistema durante la liberación de aire. Tal sistema necesita un dispositivo de almacenamiento de calor, lo que complica el diseño del sistema.
- 3) Los sistemas de almacenamiento diabático que utilizan fuentes de alimentación externa para calentar o enfriar el aire para mantener una temperatura constante del sistema. La mayoría de sistemas comercialmente implementados son de este tipo debido a la alta densidad de potencia y una gran flexibilidad del sistema, aunque sea a costa de los costos y la eficiencia.

Los sistemas CAES se han considerado para numerosas aplicaciones, especialmente para el apoyo de la red eléctrica para la carga de nivelación de aplicaciones. En tales sistemas, la energía se almacena durante periodos de baja demanda y luego se convierte de nuevo a la electricidad cuando la demanda de electricidad es alta.

Sistemas comerciales utilizan cavernas naturales como depósitos de aire con el fin de almacenar grandes cantidades de energía; la capacidad instalada del sistema comercial oscila desde 35 hasta 300 MW (Ibid).

Existen algunos proyectos en operación como es el de Huntorf (Alemania) y McIntosh, Alabana (Estados Unidos) ambos sistemas tipo CAES son sistemas diabáticos en los cuales se utiliza electricidad de la red fuera de horas pico para comprimir el aire que se almacena en cavernas, posteriormente en horas pico de consumo eléctrico, el aire que fue comprimido genera electricidad en turbinas de alta presión y posteriormente se mezcla el aire después con gas natural durante la expansión y se quema para generar energía. La compresión se realiza en varias etapas, apoyado con un sistema de refrigeración que permite eliminar el calor de la compresión. El aire comprimido se almacena en grandes cavernas de sal subterráneas. Durante las horas pico el aire comprimido se mezcla con gas natural y se quema en una turbina de gas. La planta Huntorf utiliza una caverna 310,000 m<sup>3</sup> a una profundidad de 600 metros, con una tolerancia de presión entre 50 - 70 bar. Se ejecuta en un ciclo de carga diaria de 8 horas que proporciona una potencia máxima de 290MW durante 2 horas. La planta McIntosh tiene una caverna 538,000 m<sup>3</sup> de caverna a una profundidad de 450 m con una tolerancia de presión entre 45 a 76 bar. Originalmente proporciona una potencia de 110MW durante 26 horas, pero en 1998 se añadieron dos generadores adicionales y su capacidad total es ahora de 226MW (Chen, 2009).

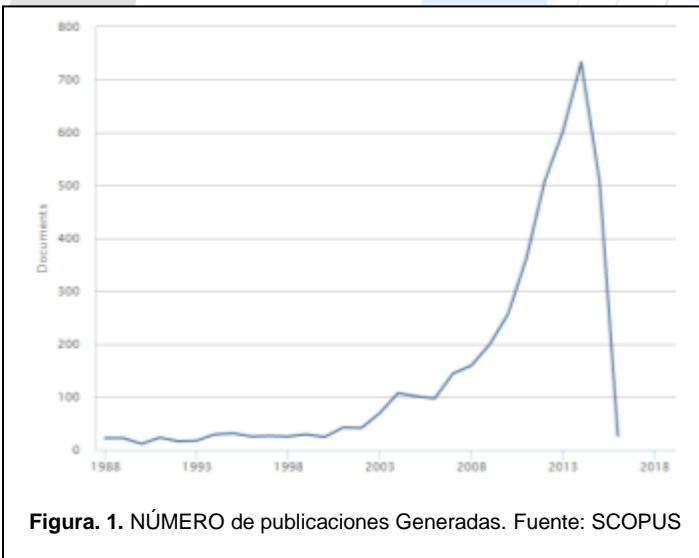


Figura. 1. NÚMERO de publicaciones Generadas. Fuente: SCOPUS

### Almacenaje de Energía por Bombeo Hidráulico

El sistema de bombeo hidráulico (Pumped Hydro Storage - PHS) al igual que el anterior descrito (CAES) utilizan los principios de física inversa como alternativa a los sistemas electro-químicos para la acumulación de energía. El agua se bombea a una región más alta ganando energía potencial la cual posteriormente es turbinada para generar electricidad. Las PHS son primordialmente utilizadas para compensar el nivelamiento de carga, pero también pueden responder como reserva por su relativo corto tiempo de respuesta. Los ciclos de eficiencia de una PHS se encuentra entre un 65% hasta un 87% para plantas de última generación con motores de bombeo altamente eficientes (Kloess, 2014). El problema con este tipo de solución es que requieren de un tipo de infraestructu-

ra muy costosa o de sitios geográficos con características especiales que disminuyan los valores de las inversiones por lo que su uso es limitado.

## 4. GENERACIÓN DE LITERATURA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó una búsqueda en SCOPUS con las palabras clave "Energy Storage" donde el 19 de Octubre de 2015 el sistema arrojó un total de 4251 publicaciones de 1988 a 2014, las características de las publicaciones se ilustran en las figuras 1 a 4:

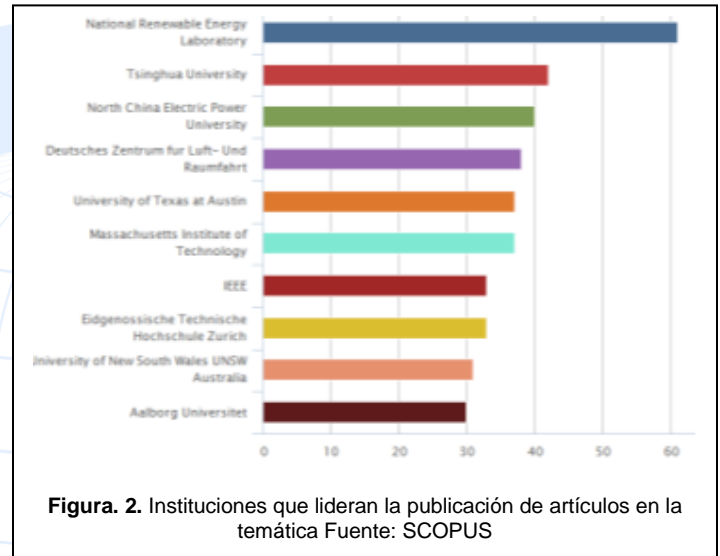


Figura. 2. Instituciones que lideran la publicación de artículos en la temática Fuente: SCOPUS

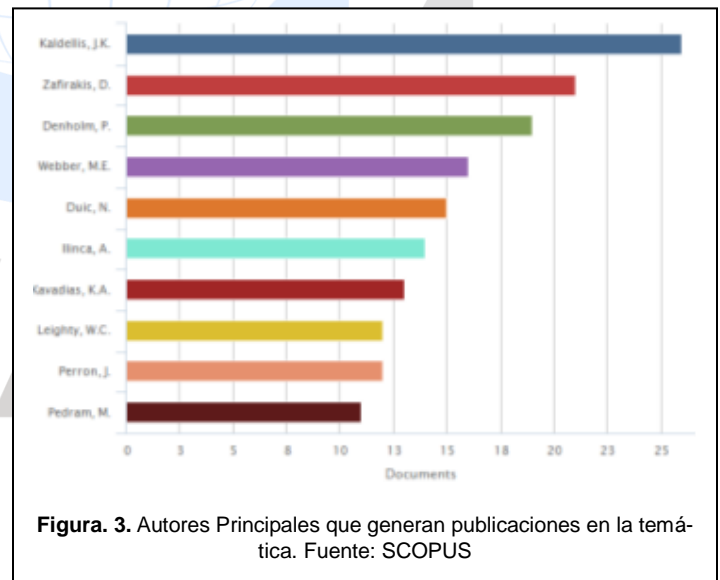


Figura. 3. Autores Principales que generan publicaciones en la temática. Fuente: SCOPUS

Se puede observar una alta generación de publicaciones en los últimos años, demostrando que es resiente el interés de la academia en los sistemas de almacenamiento de energía. Entre las entidades que lideran la generación de publicaciones se encuentra el Laboratorio de Energías Renovables el cual hace parte del Departamento de Energía de los Estados Unidos, en segundo lugar se encuentra la Universidad Tsinghua y



*Título de la Patente:* Método de optimización combinatoria de unidad con sistema de almacenamiento de energía química y fuente de energía intermitente.

*Asignado a:* State Grid Corporation of China, China Electric Power Research Institute.

*Inventor:* CUI, Hui

*Fecha de Publicación:* 2014-11-26

*Número de Patente:* CN201410407144A

*Resumen de la Patente:* La invención proporciona un método de optimización combinatoria de una unidad con un sistema de almacenamiento de energía química y una fuente de alimentación intermitente. La fuente de alimentación intermitente comprende una unidad de generación de energía eólica y una unidad de generador de energía fotovoltaica, y el sistema de almacenamiento de energía química, la fuente de alimentación intermitente y una unidad de generador térmica la cual forma un sistema de energía eléctrica de manera conjunta. Bajo la condición de que el sistema de almacenamiento de energía química y la fuente de energía intermitente interactúan y se evalúan, se hace un plan de combinación. Se adopta un método de optimización robusta, el error de pronóstico y la función de salida de almacenamiento de energía química de la potencia de la fuente de energía intermitente están plenamente considerados, se mejora la capacidad de acceso de la fuente de energía intermitente, y la seguridad de funcionamiento del sistema está plenamente garantizada.

*Título de la Patente:* Sistema de almacenamiento de energía conectada a la red de distribución eléctrica y un método de sistema de almacenamiento de energía conectada a la red de control.

*Asignado a:* SAMSUNG SDI Co

*Inventor:* CHOE RU NI

*Fecha de Publicación:* 2010-11-30

*Número de Patente:* CN201010569879A

*Resumen de la Patente:* El sistema tiene varios convertidores para transformar la potencia generada por cada uno de los módulos de generación de energía en corriente continua a un nivel de voltaje. Los interruptores en serie se conectan a los módulos de generación de energía. Los interruptores paralelos se conectan selectivamente a los módulos de generación de energía entre sí. Un controlador gestiona los conmutadores de serie y los interruptores paralelos para conectar selectivamente cada uno de los módulos de generación de energía al convertidor seleccionado. El convertidor se selecciona entre varios convertidores basados en la potencia generada por cada uno de los módulos de generación de energía.

*Título de la Patente:* Sistema de almacenamiento de energía para balancear la carga de un sistema de potencia.

*Asignado a:* BYD Company Limited

*Inventores:* LUO Hongbin

*Fecha de Publicación:* 2010-04-20

*Número de Patente:* EP2010780019A

*Resumen de la Patente:* El sistema tiene varios interruptores

controlables conectados con múltiples armarios de almacenamiento de energía, respectivamente, y un controlador para la detección de posición de frecuencia y la fase de una red eléctrica. La electricidad de la red eléctrica se utiliza para cargar la energía en gabinetes de almacenamiento, mediante el control de los interruptores controlables. El controlador está provisto de múltiples extremos de salida, donde cada extremo está conectado con un extremo de control de los interruptores controlables. El controlador administra el sistema para cargar o descargar mediante el cierre o corte de los interruptores.

*Título de la Patente:* Sistema de almacenamiento de energía híbrido para clientes y su método de operación.

*Asignado a:* KOREA Electrotechnology RES INST

*Inventores:* KIM Seul Ki

*Fecha de Publicación:* 2013-11-25

*Número de Patente:* KR2013143897A

*Resumen de la Patente:* El sistema tiene una unidad de almacenamiento de periodo corto que almacena la energía eléctrica y reduce la carga pico de un consumidor de energía. Una unidad de almacenamiento de largo plazo almacena continuamente la energía excedente generada en la noche y no consumida dentro de 7 horas y descarga entre las horas pico al consumidor de energía. Un medidor de horas vatio mide la energía eléctrica utilizada por el consumidor de energía por un período específico. Un dispositivo de gestión de la energía controla el período de tiempo y la unidad de almacenamiento de corto período de tiempo y gestiona la operación según el estado de funcionamiento del consumidor de energía.

## 6. APLICACIONES PARA LA TECNOLOGÍA

Existen muchas aplicaciones para los sistemas de Energy Storage, por ejemplo Energy Storage Association - ESA menciona entre otras la acumulación de energía a partir de la generación eólica, para comunidades o pequeñas industrias. También destaca los acumuladores integrados a energía fotovoltaica, sistemas de almacenamiento para vehículos eléctricos, baterías para uso residencial que disminuya el valor de la facturación, baterías para la regulación de frecuencia y calidad del suministro, sistemas que evitan la interrupción o la mala calidad del suministro entre otras.

Entre las empresas que han realizado aplicaciones de este tipo de tecnologías se reconocen empresas como ABB, BOSCH, BYD de China, TESLA entre otras. Esta última reconocida por su apuesta a la fabricación de autos eléctricos, recientemente ha incursionado en el mercado de los sistemas de almacenamiento de energía de varias escalas tanto para el hogar como a nivel industrial. La siguiente gráfica muestra los principales proveedores por segmentos de clientes como residencial, no residencial e industrial.





## BIBLIOGRAFÍA

- Burke, A. (2008). Electric and hybrid vehicle design and performance. *Environmentally conscious transportation*(5), 129.
- Chen, H. C. (2009). Progress in electrical energy storage system: A critical review. . *Progress in Natural Science*, 19(3), 291-312.
- ESA - Energy Storage Association. (21 de 03 de 2015). *Sodium Sulfur (NAS) Batteries*. (ESA, Productor) Recuperado el 25 de 09 de 2015, de <http://energystorage.org/energy-storage/technologies/sodium-sulfur-nas-batteries>
- Kloess, M. &. (2014). Bulk electricity storage technologies for load-leveling operation—An economic assessment for the Austrian and German power market. . *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 59, 111-122.
- TESLA MOTORS. (2016). *TESLA GIGAFACTORY*. Obtenido de Sitio web TESLA MOTORS: <https://www.tesla.com/gigafactory>
- Vazquez, S. L. (2010). (I. T. on, Ed.) *Energy storage systems for transport and grid applications.*, 57(12), 3881-3895.
- Zuleta, J. C. (28 de 01 de 2014). *Seeking Alpha*. Recuperado el 29 de 07 de 2015, de Electric Vehicle World - EVWorld: <http://seekingalpha.com/article/1971851-tesla-motors-and-bolivias-lithium-strategy-whats-at-stake>



INNOVACION



# TERAPIA CELULAR: HACIA UNA MEDICINA REGENERATIVA

**Susana Soto**, Consultora en Innovación del área médica

**Resumen** — Las células madre son una población de células precursoras de tejidos inmaduros capaces de auto-renovarse y proporcionar células de novo y/o reemplazo para muchos tejidos. En los últimos años, se ha desarrollado amplia investigación para su obtención, diferenciación y administración. Este artículo realiza una breve revisión de los antecedentes, el desarrollo de la medicina regenerativa y terapia celular, así como de las aplicaciones de las células madre mesenquimales, que podrían ser de interés para el desarrollo tecnológico en esta área científica.

**Palabras Clave** — Células mesenquimales, terapia celular, medicina regenerativa

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación en células madre contribuye al desarrollo de nuevas terapias para reemplazar células perdidas o dañadas, y abre la posibilidad en el futuro de generar órganos artificiales para trasplante. Esto ha permitido una nueva dirección en el área de la terapia médica, la medicina regenerativa.

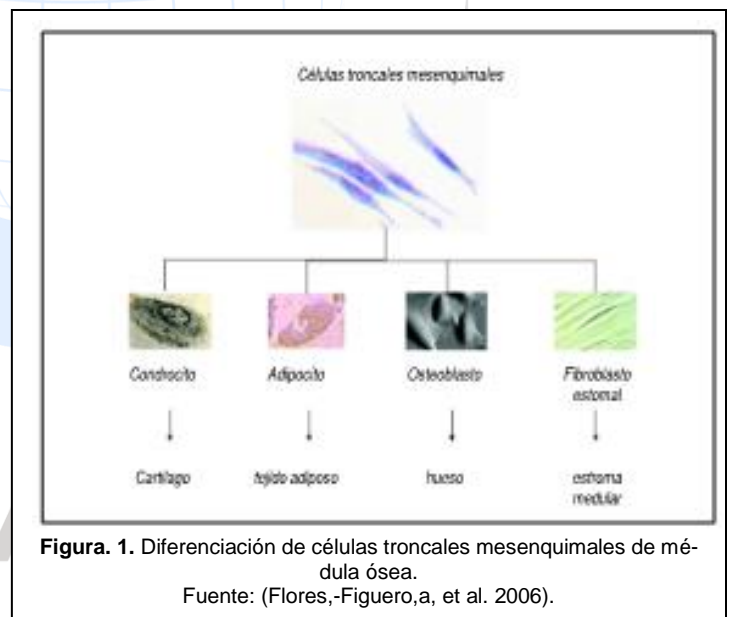
Además de las estrategias de reemplazo celular, la mayor comprensión del potencial intrínseco regenerativo de los órganos individuales, junto con el conocimiento de cómo controlar la respuesta de cicatrización en tejidos dañados, puede permitir el desarrollo de fármacos dirigidos a estimular al propio organismo para iniciar o mejorar la reparación. Se espera que este enfoque resulte más adecuado que el reemplazo de células para algunas enfermedades.

## 2. ANTECEDENTES

Ante la necesidad de buscar nuevos tratamientos de diferentes patologías, la investigación en células mesenquimales, las cuales comprenden un subconjunto heterogéneo de células madre estromales que se pueden aislar de muchos tejidos adultos (Uccelli, 2008); comienza a finales de los 60's y se extiende durante los 70's con los trabajos realizados por Friedenstein y colaboradores. En los años 80's, varios investigadores dedicaron su campo de estudio a caracterizar a la población celular de la médula ósea, capaz de originar otros tejidos como el estroma medular, hueso y cartílago. Estas investigaciones se basaron en modelos animales (ratones) (Flores-Figueroa, 2006). Con base a diferentes experimentos, Owen y Friedenstein en 1988, concluyeron que existía una célula troncal presente en el tejido conjuntivo relacionado a la médula ósea, que era capaz de originar diferentes tipos de células, por lo que la denominaron célula troncal estromal o mesenquimal (Figura 1). Más adelante, Caplan y colaboradores, llevan investigaciones para cultivo y trasplante de células mesenquimales de humanos adultos y así poder formar hueso, cartílago y otros tejidos (Figura 1) (Flores-Figueroa, 2006).

## 3. MEDICINA REGENERATIVA Y TERAPIA CELULAR

En el último siglo, el progreso en el área de la biología ha permitido el desarrollo de estas nuevas áreas: medicina regenerativa y terapia celular (Benítez, 2011). Esta es la era del desarrollo de las terapias avanzadas que aportan el concepto de medicamento personalizado de origen autólogo, alogénico y xenogénico, basado en la célula (terapia celular), en genes (terapia génica) o tejidos (ingeniería tisular) (Gálvez, 2011).



**Figura 1.** Diferenciación de células troncales mesenquimales de médula ósea.

Fuente: (Flores-Figueroa, et al. 2006).

La capacidad de regeneración celular de algunos organismos y órganos es conocida de antaño, y se ha plasmado a lo largo de la historia. Esto llamó la atención de los investigadores, lo cual quedó documentado en las observaciones hechas en animales inferiores como las estrellas de mar y algunos apéndices de animales superiores, tal es el caso de las salamandras, lo que han sido el fundamento para el desarrollo de una nueva área de la biología: la regenerativa (Benítez, 2011). Estas aplicaciones llegan al área médica con la implementación de nuevas herramientas para el estudio, diagnóstico y tratamiento de las

enfermedades conocidas como incurables o no tratables. Por esta razón en el siglo pasado se vio nacer a la terapia celular y medicina regenerativa (Benítez, 2011).

La terapia celular (Figura 2) tiene por objeto reparar, reemplazar o recuperar la función biológica de un tejido u órgano dañado, a través de la utilización de células vivas. Se fundamenta en el empleo en la clínica de las células madre, las cuales tienen la capacidad de auto-renovación y la potencialidad de diferenciarse a células especializadas (Gálvez, 2011).

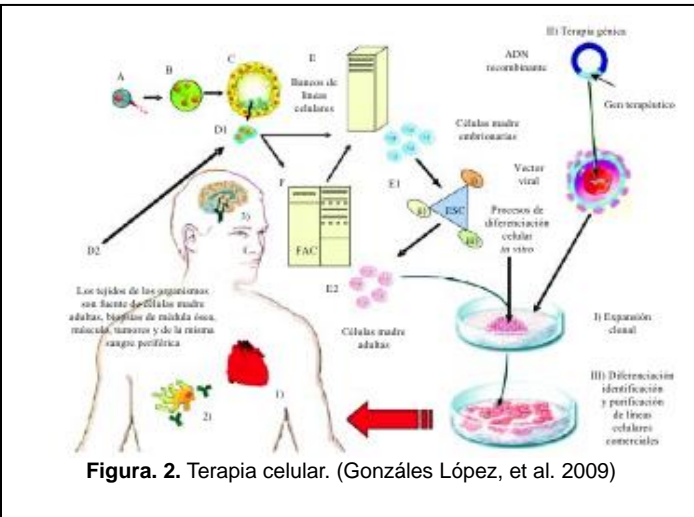


Figura 2. Terapia celular. (González López, et al. 2009)

El origen de la terapia celular proviene del trabajo científico enfocado en resolver los problemas de la radiobiología clínica (Radio oncología), sobre todo acerca de la radio sensibilidad que existe en las células cancerosas y las células normales (González- López, 2009). Los pioneros fueron los trabajos de James Edgar Till y Ernest McCulloch en Toronto, en los cuales inyectaban células de la médula ósea en ratones irradiados, observando nódulos en el bazo de los ratones, que aparecían en proporción al número de células inyectadas de médula ósea, dándoles el nombre de “colonias del bazo” y posteriormente especularon sobre el origen de estos nódulos. Con estos experimentos, se ha logrado que no se pierdan la introducción de células madre de diferentes especies (xenogénico) o individuos de la misma especie (alógeno) y de esta manera brindan resultados prometedores en el área de la terapéutica médica con aplicaciones en onco-hematológica (González-López, 2009).

Más adelante, se identificaron las células madre multipotenciales formadoras de células sanguíneas (González-López, 2009). Además, se cuenta con células madre pluripotenciales de origen embrionario que conforman una masa de 50-150 células en el interior del blastocisto, éste se forma en el periodo de pre implantación embrionaria, el que ocurre habitualmente 4-5 días después de que un oocito ha sido fecundado por el espermatozoide (González-López, 2009).

## 4. CONCEPTOS

### 4.1 Nivel celular / Definiciones

La célula es la unidad estructural y funcional de cualquier ser vivo, un tejido es la agrupación de células y sólo desempeña

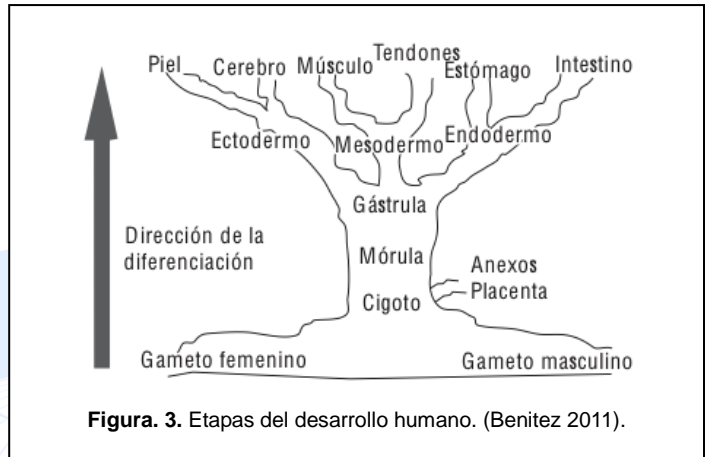


Figura 3. Etapas del desarrollo humano. (Benitez 2011).

una o más funciones, que corresponde al constituyente fundamental del cuerpo humano. Un órgano es un grupo de diferentes tejidos que conservan estructura, vasos y una función específica (Benítez, 2011) (Ver Figura 3).

**CÉLULAS MADRE:** Es una célula no especializada, genérica que puede hacer copias exactas indefinidamente de sí misma y se puede diferenciar y producir células especializadas de varios tejidos del cuerpo (Avasthi, 2008)

**CÉLULAS MADRE TEJIDO ADULTO:** Se encuentran en todo el cuerpo, donde funcionan para mantener el órgano o tejido en el que residen, a lo largo de su vida útil. La mayoría de los tejidos que se renuevan rápidamente son mantenidos por las células madre, con la notable excepción del hígado, que es mantenida por células hepáticas especializadas llamadas hepatocitos. Bajo condiciones fisiológicas normales, cada tipo de células madre de tejido genera únicamente células del sistema de órganos o tejidos a las que pertenece: la célula madre hematopoyética genera sangre, la célula madre de la piel genera piel, etc. Una excepción es la célula madre mesenquimal, que puede generar hueso, cartílago y músculo (Bianco, 2013).

**CÉLULAS MADRE TOTIPOTENCIALES:** Tienen la habilidad de diferenciarse en todos los tipos posibles de células como ejemplo el cigoto fecundado y las primeras células que resultan de la división del cigoto (Kaira, 2014).

**CÉLULAS MADRE PLURIPOTENCIALES:** Con la habilidad de diferenciarse en casi todos los tipos de células como ejemplo las células embrionarias o células que derivan del mesodermo, endodermo y ectodermo que forman parte de los estadios primarios de diferenciación celular (Kaira, 2014).

Tipos de células madre pluripotentes, cada una generada por una ruta diferente:

- Células del tallo embrionario (ES) se derivan de embriones de pre-implantación en fase temprana y fueron el primer tipo de células madre pluripotentes que se descubrieron: primero en ratones (Evans y Kaufman, 1981, Martin, 1981) y luego en humanos (Thomson et al., 1998) y varias especies adicionales.
- Células madre de Epiblasto, son un tipo de células madre de ratón pluripotentes derivadas de una fase de desarrollo embrionario ligeramente posterior a las células del tallo embrionario de ratón (Tesar et al., 2007, Brons et al., 2007).
- Células madre pluripotentes inducidas (iPS), utilizando células de ratón (Takahashi y Yamanaka, 2006); apenas un año más tarde, esta replicación se realizó en células humanas (Takahashi et al., 2007, Yu et al., 2007). Se generan a partir de células especializadas usando una técnica llamada "reprogramación". Este trabajo pionero fue galardonado con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 2012.

## 5. INMUNOTERAPIA

Es una de las áreas con más desarrollo en terapia celular, considerando que desde el descubrimiento de la teoría del hibridoma hasta nuestros días, se ha desarrollado un gran número de pruebas diagnósticas basadas en anticuerpos monoclonales. Desde los años 90's, la utilización de los anticuerpos monoclonales humanos se ha incorporado con éxito al arsenal terapéutico para el manejo y tratamiento, sobre todo en las áreas de oncohematología y reumatología (Benítez, 2011). Todos estos avances han sido aplicados a conocer la respuesta inmune y producir células inmunogénicas empleadas en el tratamiento del cáncer.

Se ha demostrado que tumores incluso invasores pueden sufrir regresión completa cuando se estimula de forma adecuada la respuesta inmune, lo que abrió la oportunidad de desarrollar tratamientos contra el cáncer basados en la modulación de este sistema (Valdespino- Gómez, 2003). La premisa es que la inmunomodulación positiva induce al sistema inmune para que responda de forma activa ante la presencia de antígenos asociados o específicos tumorales y de esta manera romper la tolerancia inmune contra estos antígenos, y así evitar el crecimiento de los tumores dentro del cuerpo humano (Valdespino- Gómez, 2003).

## 6. CÉLULAS MESENQUIMALES

Las células madre mesenquimales (MSCs – Mesenchymal Stem Cells), que se pueden obtener a partir de diversos órganos y son fácilmente propagados in vitro, son uno de los tipos de células más utilizados de las células madre y se ha demostrado ser eficaz en un amplio conjunto de enfermedades. Las propiedades únicas y altamente deseables de las MSCs incluyen altas capacidades migratorias hacia zonas lesionadas, características inmunomoduladoras, y la capacidad natural de

diferenciarse en fenotipos del tejido conectivo. Estos fenotipos incluyen hueso y cartílago, y estas propiedades predisponen MSCs para ser terapéuticamente útiles. Además, las MSCs suscitan sus efectos terapéuticos por acciones paracrina, en los que se modula el metabolismo de los tejidos objetivo (Brooke, 2007). Los métodos de ingeniería genética pueden amplificar enormemente estas propiedades y ampliar las capacidades terapéuticas de las MSC, incluyendo transdiferenciación hacia diversos linajes celulares. Sin embargo, la ingeniería celular también puede afectar la seguridad y aumentar el costo de las terapias basadas en MSCs (Figura 4).

En la investigación de Nowakowski et al (2015) los autores mencionan que las diversas mejoras biológicas ofrecidas por la ingeniería genética tienen el potencial de aumentar en gran medida las cualidades terapéuticamente útiles de MSCs, y adaptarlas a enfermedades específicas, por lo que son altamente probables de ser utilizadas clínicamente. Una variedad de estudios (Brooke, 2007) han investigado la ingeniería de MSCs, apuntando a la estimulación de su diferenciación directa frente a las células endoteliales y la angiogénesis. Además, en in vitro de condiciones de cultivo y en estudios in vivo, las MSCs se pueden diferenciar en células de linaje específico o células específicas de linaje tales como: hepatocitos, cardiomiocitos, células marcapasos, y las células neuronales. MSCs genéticamente modificadas también pueden utilizarse para mejorar varios trastornos neurológicos mediante la explotación de la señalización paracrina que consiste en que una célula produce una señal que induce cambios en células cercanas. Por otra parte, las MSCs podrían ser modificadas para obtener propiedades anti-fibróticas (Brooke, 2007).

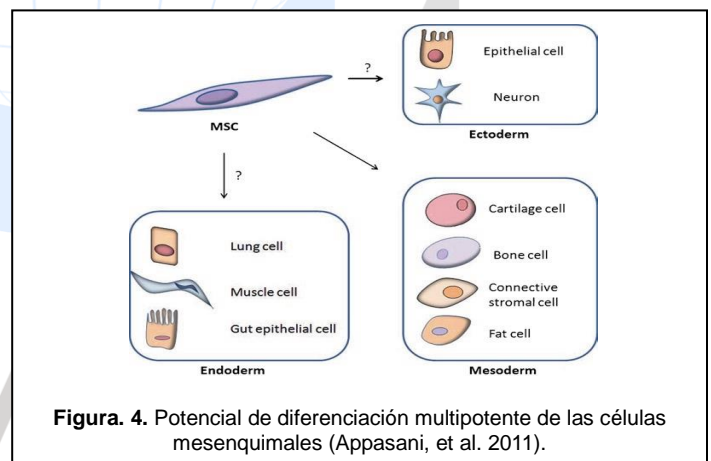


Figura 4. Potencial de diferenciación multipotente de las células mesenquimales (Appasani, et al. 2011).

### 6.1 Aplicaciones de las células mesenquimales y terapia génica.

Las células mesenquimales han demostrado ser una gran promesa de terapia celular y génica (Baksh, 2004) en cuanto aplicaciones, por su multipotencialidad y capacidad de autorrenovación (Figura 5). En un gran número de estudios de trasplantes de animales, las células MSC expandidas ex vivo fueron capaces de diferenciarse en células del tejido residente, reparar el tejido dañado debido a trauma o enfermedad y restaurar parcialmente su función normal (Baksh, 2004). No sólo

regeneran los tejidos de los linajes mesenquimatosos, como el cartílago intervertebral de disco, el hueso, los cardiomiocitos y el cartílago articular en las articulaciones de la rodilla, sino que también se diferencian en células derivadas de otras capas embrionarias, incluyendo neuronas y epitelios en la piel, pulmón, hígado, intestino, riñón y bazo (Baksh, 2004) Estas aplicaciones demuestran la plasticidad de estas células madre adultas y su utilidad en la reparación y regeneración de tejidos múltiples y en aplicaciones de terapia celular (Baskh, 2004) (Tabla 1).

Imbanaco, quienes trabajan en desarrollar laboratorios de alta calidad y en base a lineamientos internacionales para el estudio y desarrollo de células mesenquimales.).

## 8. CONCLUSIÓN

TABLA 1  
APLICACIONES TERAPÉUTICAS DE LAS CÉLULAS MESENQUIMALES

SISTEMA /ÓRGANO	APLICACIONES
Cardiovascular	Fenotipo cardiogénico en infarto agudo del miocardio.
Sistema Nervioso Central	Diferenciación en neuronas
Páncreas	Células productoras de insulina
Hígado	Linaje hepático
Trasplante de órganos sólidos	
Sistema gastrointestinal	Tratamiento de enfermedad de Crohn, enfermedad gastrointestinal de injerto contra huésped
Ortopédicos	Homeostasis del hueso, fusión espinal, osteogénesis imperfecta, patología articular
Hematopoyéticas	Efectos secundarios de quimioterapia, enfermedades hematológicas
Riñón	Diferenciación en células epiteliales tubulares (restaurar la estructura y función renal)

Fuente: Brooke, et al. 2007.

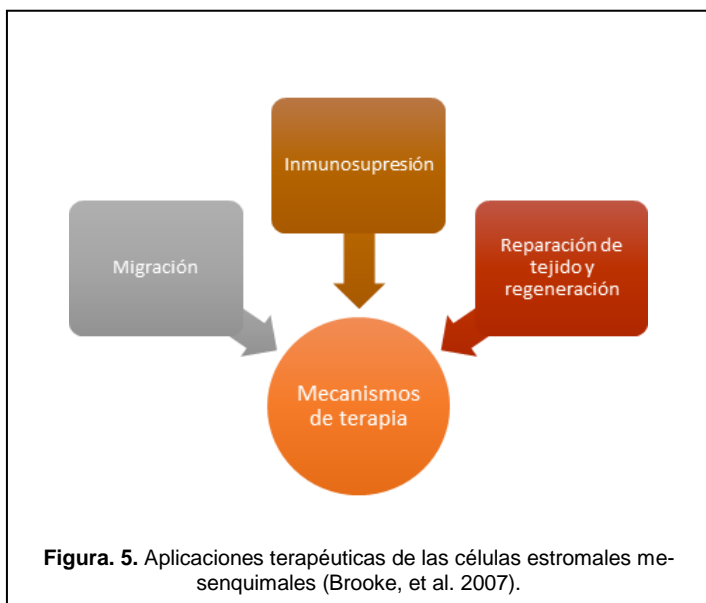


Figura. 5. Aplicaciones terapéuticas de las células estromales mesenquimales (Brooke, et al. 2007).

## 7. INVESTIGACIÓN EN LATINOAMÉRICA

La investigación con células madre se está convirtiendo en un campo prometedor y de rápido crecimiento en América Latina. Muchos países de la región han definido la Medicina Regenerativa como una prioridad de investigación y un foco de inversión. Este campo genera no solo oportunidades, sino también desafíos normativos, técnicos y operativos (Palma, 2015). En Uruguay, México, Chile, Brasil y Argentina llevan algunos años trabajando en el tema, creando bancos de células madre de cordón umbilical y a través de instituciones públicas y privadas realizando tratamientos para afecciones hematológicas con células madre. Estos países también comparten inquietudes con respecto a los tratamientos con células madre experimentales y existen algunas lagunas regulatorias (Palma, 2015).

En el caso particular de Colombia, la Universidad Nacional de Colombia se encuentra trabajando en la ingeniería del cartílago y establecimiento de lineamientos para el cultivo de condrocitos (Landínez, 2010); además la Universidad Javeriana está buscando el aislamiento y caracterización de células madre mesenquimales de médula ósea de acuerdo a la Sociedad Internacional de Terapia Celular (Rodríguez, 2010). Por tanto, continúa el interés en esta área, como en el Centro Médico

Actualmente se han estado realizando avances sobre la aplicación de la terapia celular en diferentes patologías, permitiendo de esta manera ofrecer más opciones de tratamiento para enfermedades degenerativas al paciente.

En este momento sólo se ha logrado la diferenciación en algunos tipos celulares, sin embargo, hay trabajos internacionales para su aplicación en parálisis cerebral, enfermedad de Parkinson, esclerosis múltiple, entre otras condiciones, por lo que es importante impulsar el desarrollo de laboratorios de alta tecnología para continuar la investigación en las diferentes áreas.

La medicina regenerativa es una realidad, por lo que la investigación médica deberá ser un compromiso de todas las políticas públicas de salud de cualquier país para el tratamiento de enfermedades crónico – degenerativas.

Por último, en América Latina ya se está esparciendo la semilla en esta área de investigación, sin embargo, la tarea más importante es contar con los lineamientos necesarios para la investigación de acuerdo a los requerimientos internacionales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Appasani K, Appasani R. Stem Cell and Regenerativa Medicine. Humana Press. 2011.
- Avasthi S, Srivastava R.N., Singh A, Srivastava M. Stem Cells: Past, presente, future- a review article. Internat J. Med Update. 2008; 3 (1): p. 22-30.
- Baksh D, Song L, Tuan R. Adult mesenchymal stema cells: characterization, differentiation, and application in cell and gene therapy. J. Cell Mol. Med. 2004; 8 (3): p. 301-316.
- Barfoot J, Kemp E, Doherty K, et al. Stem Cell Research. Trends and perspectives on the Evolving International Landscape. El Sevier. 2013. Edimburgo. Págs. 72.
- Benítez G. Medicina regenerativa y terapia celular. Rev Mex Med Tran. 2011; 4(2): p. 70-77.
- Brooke, G. C. Therapeutic applications of mesenchymal stromal cells. Seminars in cell & developmental biology, 2007;18(6):p.846-858.
- Flores-Figueroa E, Montesinos J, Mayani H. Células troncales mesenquimales: historia, biología y aplicación clínica. Revista de investigación clínica. 2006; 58(5): p. 498-511.
- Gajewski T. Cancer immunotherapy. Molecular Oncology. 2012: p. 242-250.
- Gálvez P, Ruíz, Clares B. El futuro de la medicina clínica hacia nuevas terapias: terapia celular, génica y nanomedicina. Medicina Clínica. 2011; 137(14): p. 645-649.
- González-López GM, Sánchez -González DJ, Trejo-Bahena NI, Núñez- Sánchez M, Sosa-Luna CA. La terapia celular en la práctica médica (Revisión). Rev Sanid Milit. 2009; 63(2): p. 74-83.
- Kaira K, Tomar P.C. Stem cell: basics, classification and applications. American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics. 2014; 2 (7): p. 9191-930.
- Landínez N, Garzón D, Cardozo C. Aproximación al cultivo de condrocitos en la Universidad Nacional de Colombia. Reporte técnico. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas. 2010; 29 (1): p. 105-25.
- Levi B, Wan D, Wong V, Gurtner G, Longaker M. Stem cells and regenerative medicine: El Sevier; 2013.
- Mata-Miranda M, Vázquez -Zapién G, Sánchez-Monory V. Generalidades y aplicaciones de las células madre. Perinatología y reproducción humana. 2013; 27(3): p. 194-199.
- Nowakowski A.W. Genetic engineering of mesenchymal stem cells for regenerative medicine. Stem cells and development. 2015.
- Palma V, Pitossi F, Rehen S, Touriño C, Velasco I. Stem cell research in Latin America: update, challenges and opportunities in a priority research area. Regenerative medicine. 2015; 10 (6): 785-798.
- Rodríguez- Pardó V, Fuentes-Lacouture M, Aristizabal - Castellanos J, Vernot-Hernández J. Aislamiento y caracterización de células "stem" mesenquimales de médula ósea humana según criterios de la Sociedad Internacional de Terapia Celular. Revista Scientiarum. 2010; 15 (3): p. 224-239.
- Strauer B, Kornowski R. Stem Cell therapy in Perspective. Circulation. 2003; 107: 929-934 p.p.
- Uccelli A, Moretta L, Pistoia V. Mesenchymal stem cells in health and disease. Nature Reviews Immunology. 2008; 8: 726-736.
- Valdespino-Gómez VM, Rocha- Zavaleta LR.. Inmunoterapia mediada por linfocitos T en pacientes con cáncer. Cirugía y Cirujanos. 2003; 71(3): p. 235-244.

INNOVACION



# DESGASTE DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS EN LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

*Claudia Sánchez*, Consultora en Innovación Tecnológica

**Resumen** — La generación hidroeléctrica es un proceso con desarrollo de tecnología consolidado y con difusión en lugares donde existen las condiciones geográficas y de acceso a fuentes de agua suficientes para su funcionamiento. Es clasificada por algunos autores como una fuente renovable, flexible y viable, debido a las condiciones que se incorporan desde el diseño de los sistemas para su operación. Sin embargo, los equipos involucrados en los procesos de generación hidroeléctrica se encuentran sometidos a condiciones de operación, que se convierten en críticas con el paso del tiempo, debido a la sedimentación de los embalses que va causando el ingreso de sedimentos junto con el flujo de agua, ocasionando impactos en las máquinas hidráulicas, que generan desgaste principalmente de tipo erosivo. En este artículo se pretende hacer una síntesis de algunos tipos de desgaste en diferentes partes que componen las máquinas hidráulicas utilizadas en generación de energía eléctrica.

**Palabras Clave** — Máquinas Hidráulicas, Sedimentos, desgaste, Productividad

## 1. INTRODUCCIÓN

La generación de energía es un factor fundamental para el desarrollo económico, así como de forma transversal, de las actividades en un país independiente de su tamaño, la cantidad de población o la cantidad de productos de exportación; sin embargo, actualmente, existe una preocupación adicional que está relacionada con la sostenibilidad de los procesos de generación de energía. De acuerdo con Eltvik, (2013), la fuente renovable de generación de energía más viable y flexible es la hidroeléctrica, teniendo en cuenta su capacidad de almacenamiento, eficiencia y sus costos de operación y mantenimiento. En el caso de Colombia, la principal fuente de energía es la generación hidroeléctrica, con una participación para el año 2014, de aproximadamente un 70% de MW generados (UPME, 2015). En esta condición, se puede afirmar que los procesos de generación hidroeléctrica, su eficiencia, optimización y control son importantes para garantizar la calidad de suministro y de prestación del servicio.

Uno de los fenómenos que debe enfrentar toda planta de generación hidroeléctrica es el proceso de sedimentación, que consiste en que a los embalses ingresan corrientes de diferentes afluentes, cada una de las cuales lleva consigo una carga de sedimentos. Estos sedimentos tienen diferentes etapas una vez ingresan al embalse: en algunos casos van avanzando conforme avanza la corriente hasta ser filtrados en cierta medida por los diferentes sistemas de rejillas y filtros que se ubican antes de la entrada a las turbinas. En otros casos, pueden irse acumulando, generando entonces disminución en la capacidad del embalse, obstrucción en las bocatomas, o efectos como desgaste en las partes de las máquinas hidráulicas (por ejemplo: turbinas, boquillas, agujas, etc) (Sánchez & Fuquen, 2013).

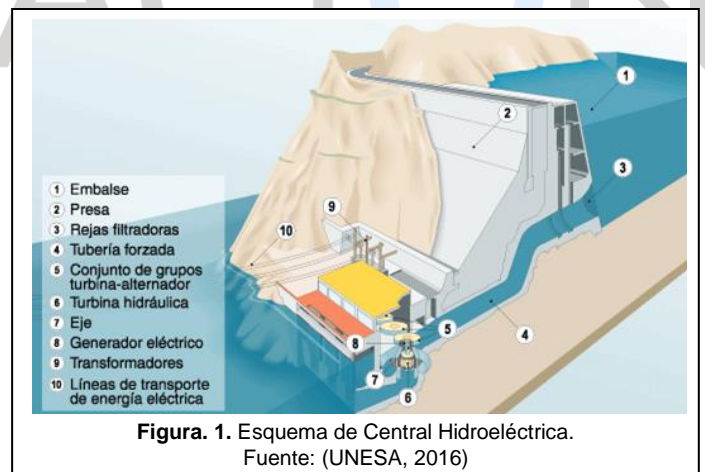
Este fenómeno de acumulación de sedimentos ha venido incrementándose alrededor del mundo, debido a que las plantas de generación acumulan ya tiempos importantes de funcionamiento, razón por la cual los temas asociados a gestión de sedimentos, prevención y control del efecto que generan los mismos, se convierten en temas de investigación (Annandale,

y otros, 2003).

El presente artículo pretende hacer una revisión de los efectos de los sedimentos sobre las máquinas hidroeléctricas, y su desempeño en el proceso de generación de energía. En un futuro artículo se identificarán los mecanismos o materiales más útiles para prevenir este tipo de efectos.

## 2. GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

Se puede definir una central hidroeléctrica, como un arreglo de equipos, mediante el cual es posible aprovechar la energía contenida en una masa de agua situada a una altura, que puede ser transformada en energía eléctrica a través del aprovechamiento de la energía potencial, por la conducción del agua desde su ubicación en altura hasta el punto donde se sitúan una o varias turbinas hidráulicas accionadas por la dinámica de la caída del agua, movimiento que permitirá la generación a través de los generadores conectados con las mismas (Fernández & Robles, 2015). Un esquema de una central hidroeléctrica, puede verse en la Figura 1.

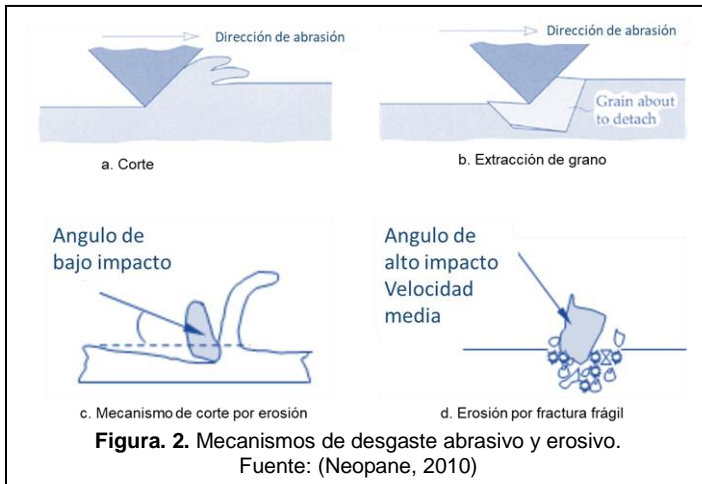


**Figura 1.** Esquema de Central Hidroeléctrica.  
Fuente: (UNESA, 2016)

### 3. DESGASTE DE PIEZAS METALMECÁNICAS

De acuerdo con Neopane, (2013), la “definición general de desgaste es la pérdida de material debido al impacto mecánico sobre la superficie.” Existen varios tipos de desgaste, dependiendo de la aplicación a la que esté sometida la pieza. Por ejemplo en turbinas de gas, las palas de las turbinas están sometidas a erosión debido a la alta velocidad de las partículas sólidas; otro ejemplo son los aviones militares que están sujetos a desgaste por causa de la arena y la lluvia (Neopane, 2010).

En el caso de la maquinaria hidráulica, la industria minera, y el dragado, presentan un tipo de desgaste abrasivo y otro erosivo.



#### 3.1 Desgaste abrasivo:

Corresponde a la eliminación de material debido al efecto que causa el deslizamiento sobre la superficie de partículas duras (a través del agua en el caso de las máquinas hidráulicas), las cuales se desplazan con un vector de velocidad paralelo a la superficie, razón por la cual es retirado el material por efecto de corte (Eltvik, 2013) (ver Figura 2 a. y b.).

#### 3.2 Desgaste por erosión:

Causado por efecto de partículas que chocan contra la superficie de la pieza, con una velocidad y un ángulo. Este impacto continuo, da como resultado deformación plástica del material, corte, agrietamiento por fatiga o una combinación de estos efectos, que con el paso del tiempo ocasiona el desprendimiento de pequeñas cantidades de material (Eltvik, 2013) (ver Figura 2 c. y d.).

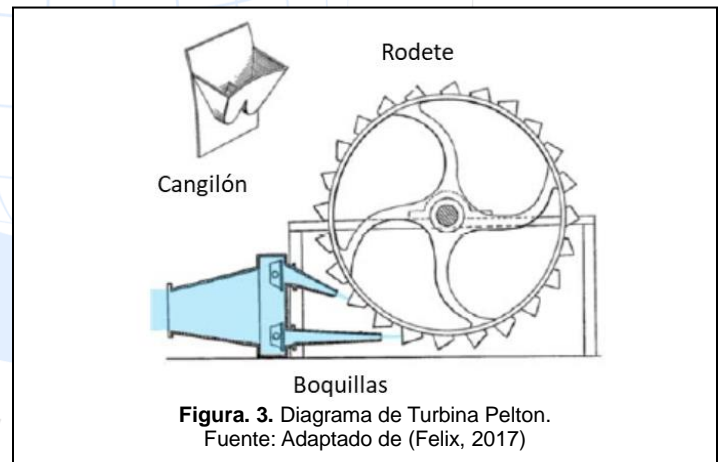
Este tipo de desgaste ocasionado por la dinámica entre el sedimento y el material del elemento afectado, tiene como factores principales, características como tamaño, concentración, dureza y forma del sedimento entre otras; adicionalmente, la velocidad y aceleración de los fluidos, su temperatura, turbulencia entre otras características; finalmente, con respecto al material base se tienen aspectos como la dureza, la morfología superficial y las propiedades elásticas entre otras (Neopane, 2010).

### 4. AQUINARIA INVOLUCRADA EN EL PROCESO DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

#### Turbinas Hidráulicas

Este tipo de máquinas se dividen en dos grupos principales, con base en el principio de conversión de energía: Impulso y Reacción. Entre las de impulso o acción se encuentran las Pelton y Turgo las cuales giran en el mismo sentido de la proyección del chorro de agua y no tienen diferencias de presión entre la entrada y la salida del líquido. Por otro lado, entre las de reacción se encuentran las turbinas Francis, Kaplan y Bulb cuyo sentido de giro no coincide con la proyección de chorro de agua y tienen mayor presión al ingreso que a la salida del agua. Otro tipo de turbinas son las de flujo cruzado.

Según Felix (2017) los rodetes de las turbinas Pelton, que están compuestos de un divisor, una punta de cangilón y la superficie del mismo (Figura 3) se fabrican actualmente en acero inoxidable martensítico, con aleación de 13% de cromo y 4% de níquel. Las agujas de las boquillas o los cangilones (cubos) de la misma son fabricados con acero de diferentes grados como aleaciones de acero y cobalto, buscando que estos elementos tengan una mayor resistencia a la erosión (Felix, 2017).



#### Sistemas de admisión o entrada

En el caso de las turbinas Pelton, está compuesto de colector y válvula. Adicionalmente, se cuenta con un sistema de boquilla, el cual consta de un anillo de boquilla y una aguja. Para el caso de las turbinas Francis, consta de colector, válvulas y sistema de derivación.

#### Válvulas

Son elementos de obturación, utilizados para abrir y cerrar el paso del agua a través de los conductos forzados hacia la cámara de la turbina. Entre ellos se encuentran (Instituto Argentino de la Energía, 2003):

*Válvula compuerta*, cuyo desplazamiento es vertical y es usada en canales abiertos; este tipo de válvula se usa principalmente en el vaciado del fondo de los embalses, por cuanto su mecanismo de operación no es apto para regular el paso del agua.

*Válvula mariposa*, que es usada solo para permitir o no el paso de masas de agua, en conducciones de gran diámetro y son ubicadas como el tipo de válvula anterior en los desagües de fondo y en este caso, también en las tuberías forzadas, antes del arribo del agua a la turbina.

*Válvula esférica*, la cual se utiliza como órgano de seccionamiento y de seguridad, para dar paso o bloquear el paso de masas de agua. Teniendo en cuenta que se han eliminado las vibraciones, este tipo de válvula es utilizado también para regular el paso del agua.

Las turbinas Francis, por su parte tienen en su sistema de entrada un colector, válvulas, un sistema de derivación, carcasa en espiral y paletas (Neopane, 2010).

#### 4. EFECTOS DE LOS SEDIMENTOS EN LAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS

Uno de los desafíos que enfrentan las plantas de generación hidroeléctrica es la erosión debida a los sedimentos (Eltvik, 2013). El tipo de sedimentos que pueden llegar a ingresar a través de los canales de estas centrales, pueden contener minerales duros como el cuarzo, o feldespato, tienen el potencial de generar daños en los diferentes componentes de las máquinas hidráulicas vinculadas en el proceso de generación. Al entrar estos minerales en contacto con los diferentes elementos mecánicos que integran el proceso de generación de energía, se crean efectos como la disminución del tiempo de operación de la turbina debido a la remoción de material generado por los sedimentos.

Según Eltvik, M. (2013), las centrales de generación hidroeléctrica que están ubicadas cerca de áreas que contienen gran concentración de sedimentos, pueden estar sometidas a condiciones difíciles de trabajo, debido a que los componentes de las turbinas, por ejemplo, presentarían desgastes que impliquen su cambio o mantenimiento en periodos de tres meses. Cada intervención en mantenimiento o parada de turbina genera dificultades en términos del costo que implica tanto la sustitución y ajuste de la pieza, como la disminución de energía generada por esa máquina durante su detención.

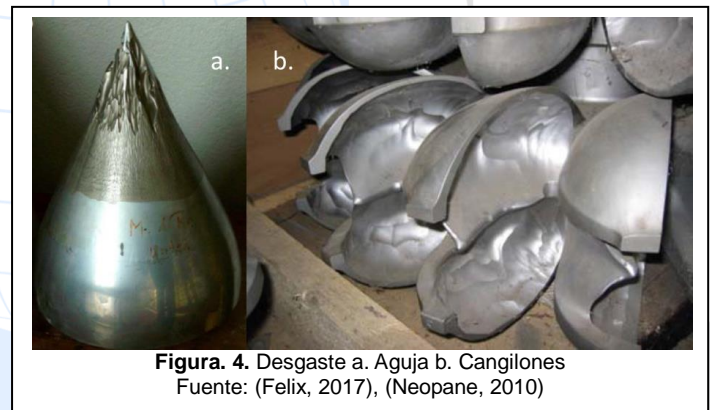
En plantas de generación hidroeléctrica, muchos componentes se encuentran en contacto con partículas sólidas que al impactar a velocidades significativas contra una superficie, pueden causar pérdida de material. Dependiendo de características como: cantidad, tamaño y tipo de partículas sólidas, y de las propiedades de la superficie contra las que impacta, este fenómeno puede ocasionar mayor o menor magnitud de daño (Santa, et al., 2007).

De acuerdo con Santa et al. (2007) este tipo de efectos se hacen más frecuentes durante las épocas de lluvia, por cuanto hay un incremento de partículas sólidas en los cuerpos de agua, que ingresan a los sistemas e impactan las superficies.

#### 5.1 Efecto en las Turbinas *Pelton*

En el caso de este tipo de turbina, de acuerdo con Neopane (2010), se requiere el análisis de los efectos en 3 de los elementos: el sistema de entrada, el sistema de boquillas y el rodete.

Con respecto al sistema de entrada, se tienen bajas velocidades de operación, por lo tanto, no es de esperar un alto impacto ocasionado por los sedimentos en las piezas que la componen (colector y válvula). Por otro lado, en el caso de las boquillas se presentan altas velocidades, presión y una geometría entre la aguja y la boquilla que genera turbulencias, ocasionando que las partículas que vienen en el fluido golpeen la superficie de la aguja, la cual puede presentar erosión en corto tiempo (ver Figura 4 a.); otro punto crítico en el cual se presenta desgaste es la punta de la boquilla (Neopane, 2010). Neopane (2010) indica que en todas las partes que integran el



rodete podría llegar a encontrarse efectos ocasionados por la inclusión de sedimentos en los fluidos. Sin embargo, hay diferencia entre los sedimentos finos y los gruesos. Los primeros, debido al tipo de movimiento que generan pueden entrar al cangilón en la dirección del fluido y golpear la superficie del mismo en su proceso de salida, ocasionando daños en este elemento. En el caso de los sedimentos gruesos, ocasionan daño principalmente en la superficie del cangilón (ver Figura 4 b.), ocasionada por el golpeteo de las partículas al ingreso, en los lugares donde el chorro golpea directamente al cangilón (Neopane, 2010).

Otros lugares que pueden presentar desgaste erosivo son: el deflector de chorro, los escudos de boquillas (en los casos en que exista más de una), el interior de la carcasa del rodete y en las rejillas debajo del rodete, ocasionando en todos los casos mencionados posibles pérdidas de material, lo cual conduce a riesgos en la estabilidad mecánica y la integridad de cada una de las piezas, así como cambio de perfiles hidráulicos, que pueden poner en riesgo la seguridad de los equipos y la generación de energía (Felix, 2017).

## 5.2 Efecto en las Turbinas *Francis*

Etvik (2013) indicó que los patrones de erosión que pueden identificarse en las turbinas Francis, pueden ser ocasionados por fenómenos como la erosión de turbulencia, ocasionada por las velocidades de rotación de las partículas a altas velocidades en el interior del equipo. Erosión por aceleración, que ocasionan divergencia de las partículas con respecto al flujo del agua y por lo tanto, colisiones con partes de las máquinas generando desgastes y finalmente, erosión de vórtice de flujo secundario, ocasionado por la combinación de turbulencia y aceleración que pueden inducir vórtices en puntos críticos del material.

Según Neopane (2010) la válvula de entrada de las turbinas Francis enfrentará un 50% menos de presión con respecto a la Pelton, razón por la cual tiene una mejor resistencia a la erosión. Sin embargo, las turbinas Francis presentan retos de diseño en los sellos de válvula de derivación, por cuanto por su tamaño pueden enfrentar menor presión y por lo tanto, mayores daños debido al efecto de los sedimentos en el fluido en esa parte del equipo.

Por otro lado, el sistema de álabes guía puede ser muy afectado por desgastes erosivos, relacionados con la alta velocidad de la arena de grano fino en la región de salida, también se puede presentar entre la aleta guía y las placas de revestimiento, por la presencia de partículas de tamaño fino y mediano; entre la holgura de la aleta guía y la placa frontal puede presentarse erosión, debido a los vórtices ocasionados por las turbulencias del fluido; otra parte que puede ser afectada en este sistema es la superficie de la paleta guía, que puede ser afectada por la separación de partículas grandes de las líneas de corriente del flujo (Neopane, 2010).

En el caso del rodete, en este tipo de turbina es más susceptible de presentar erosión en los puntos de salida del agua, que en los de entrada, aunque en este último pueden causarse efectos de erosión local debido a sedimentos como arena de grano fino. A la salida del rodete la erosión, que es generada por turbulencia ocurre por sedimentos como arena fina que se mueven hacia el diámetro exterior de salida del rodete y se presenta habitualmente en el borde posterior de la cuchilla (Neopane, 2010).

## 5. ESTADO DEL ARTE LOCAL

En Colombia se han comenzado a desarrollar diferentes proyectos con el objeto de iniciar procesos de prevención y control ante los efectos que los sedimentos pueden generar en las máquinas hidráulicas. Algunos ejemplos se pueden encontrar a continuación:

Desarrollo de Modelo de Desgaste Hidro-Abrasivo para Selección de Materiales y Procesos que Disminuyan el Desgaste en Piezas de Turbinas Pelton en Hidroeléctricas Colombianas por el GRUPO DE INVESTIGACION E INNOVACIÓN EN ENERGÍA AES CHIVOR y el Grupo de Materiales y Manufactura CIPP – CIPEM de la Universidad de los Andes (COLCIENCIAS, 2016), del cual se derivaron temas de desarrollo como: Modelo hidro-abrasivo de las válvulas de inyección en turbinas Pelton para la selección de materiales y procesos que controlen la erosión por sedimentos en las plantas hidroeléctricas colombianas. Simulación computacional del transporte de sedimentos y el desgaste abrasivo de superficies. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Los Andes. AES Chivor y Colciencias. Bogotá, Colombia, 2014-2015 (Porras, 2015).

Metodología para el Análisis de Integridad Estructural de Rodetes Pelton en la Central de San Carlos / ISAGEN (Vargas, y otros, 2007).

## 6. CONCLUSIÓN

Aunque no es un fenómeno nuevo, el efecto de la sedimentación de los embalses ocasionará en el futuro un impacto en las máquinas hidráulicas que se usan en generación de energía, que tiene implicaciones de seguridad para quienes trabajan en la operación de estas plantas, en la integridad de los equipos y en la estabilidad del servicio, razón por la cual se convierte en un tema relevante para el desarrollo de investigaciones que permitan hacerle frente de tal forma que se incremente la confiabilidad.

Por esta razón, la identificación de trabajos recientes en estos temas alrededor del mundo, así como en Colombia, genera la necesidad de desarrollar soluciones tanto en el diseño de partes y equipos, que incluya una adecuada selección de material y sus tratamientos, de tal forma que sea factible disminuir el efecto de los fenómenos físicos del desgaste, particularmente el erosivo en este tipo de maquinaria.

## BIBLIOGRAFÍA

- Annandale, G. W., Dinar, A., Palmieri, A., Shah, F., Johndrow, T., & Kawashima, S. (2003). Reservoir Conservation Vol.1. Washington (U.S.A.): The World Bank.
- COLCIENCIAS. (2016). Sitio Web Gruplac - Red Scienti - Colciencias. Recuperado el 2016, de <http://scienti.colciencias.gov.co:8080/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000016797>
- Eltvik, M. (2013). Sediment Erosion In Francis Turbine. Trondheim, Noruega: Norwegian University of Science and Technology.
- Felix, D. (2017). Experimental investigation on suspended sediment, hydro-abrasive erosion and efficiency reductions of coated Pelton turbines. Zürich: ETH Zürich. Obtenido de <https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/vaw/vaw-dam/documents/das-institut/mitteilungen/2010-2019/238.pdf>
- Fernández, I., & Robles, A. (2015). Enseñanzas técnicas, centrales de generación de energía eléctrica. Recuperado el Octubre de 2016, de <http://ocw.unican.es/ensenanzas-tecnicas/centrales-de-generacion-de-energia-electrica/materiales/bloque-energia-III.pdf>
- Instituto Argentino de la Energía. (2003). Archivos Instituto Argentino de la Energía. Obtenido de Sitio Web Instituto Argentino de la Energía: [www.iae.org.ar/archivos/educ6.pdf](http://www.iae.org.ar/archivos/educ6.pdf)
- Neopane, H. P. (2010). Sediment Erosion in Hydro Turbines. Trondheim (Norway): Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
- Porras, O. (2015). Proyectos. Recuperado el 2016, de <http://www.orlandoporras.org/proyectos.html>
- Sánchez, C. M., & Fuquen, H. S. (2013). SEDIMENTOS: UNO DE LOS RETOS DE LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA. DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EMPRESARIAL, 1(2), 6-8.
- Santa, J. F., Baena, J. C., & Toro, A. (2007). Slurry erosion of thermal spray coatings and stainless steels for hydraulic machinery. *Wear*, 263, 258-264.
- UPME. (2015). Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2015-2029. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética. Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética. Obtenido de [http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Expansion/2016/Plan\\_Expansion\\_GT\\_2015-2029/Plan\\_GT\\_2015-2029\\_VF\\_22-12-2015.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2016/Plan_Expansion_GT_2015-2029/Plan_GT_2015-2029_VF_22-12-2015.pdf)
- Vargas, M., Silveira, T., Leal, J., Freire, J., Tupiassú, J., Garzón, A., . . . Reyes, A. (2007). Metodología para el Análisis de Integridad Estructural de Rodetes Pelton en la Central de San Carlos / ISAGEN (Colombia). Medellín: CIER.



# PLATAFORMA DE PAGO ELECTRÓNICO EN COLOMBIA

[Juan C. Salavarieta](#), Consultor en Innovación Tecnológica (COLINNOVACION)

**Resumen** — Gracias a iniciativas gubernamentales y privadas, el sector bancario colombiano ha unificado esfuerzos para ofrecer un nuevo método para hacer pagos electrónicos en línea a través de transferencias electrónicas interbancarias. Este artículo hace una breve reseña sobre la plataforma de Pagos Seguros en Línea (PSE) en Colombia, en la cual convergen la visión del gobierno y el estímulo al sector privado para innovar, este escenario promueve una banca con menos costos transaccionales, mayor acceso a la población y mayor seguridad del sistema.

**Palabras Clave** — PSE, transferencias electrónicas

## 1 INTRODUCCIÓN

El gobierno nacional ha tomado la iniciativa de incentivar como medio de pagos sistemas electrónicos y con el apoyo del sector privado se busca el desarrollo de proyectos innovadores y útiles para el país y sus instituciones. De esta manera, Colombia está avanzando en la transición de los sistemas de pagos con sistemas de vanguardia.

En la actualidad los pagos hechos por el gobierno al igual que los pagos comerciales masivos han evolucionado tecnológicamente y se hacen en su mayoría por medio de transferencias electrónicas. Se espera que una próxima etapa a cumplir consista en ampliar el proceso de pagos electrónicos de las empresas a las personas y viceversa.

Para esto el país debe atender barreras tales como normatividad relacionada a impuestos, los bajos niveles de inclusión financiera y la informalidad comercial que se vive en el país.

El presente artículo toma como referencia los estudios hechos por la alianza “Better Than Cash” conformada por empresas privadas, estatales y organizaciones multilaterales como las Naciones Unidas, US AID y la fundación Bill and Melinda Gates.

El artículo describe la etapa en la cual se encuentra el uso de medios de pago electrónicos en Colombia, sin embargo, es necesario determinar la condición de penetración de mercado del servicio de Internet en el país el cual es un punto clave si se quiere expandir el uso por medio electrónico de transacciones bancarias; a su vez, el artículo menciona los riesgos transaccionales y en especial el riesgo de fraude en donde se invierten grandes esfuerzos en materia de tecnología y fiscalización de cuentas. El artículo finaliza mostrando el estado de penetración de los pagos electrónicos en Colombia y una serie de recomendaciones para mejorar este tipo de servicios en el país.

## 2. USO DE MPE EN COLOMBIA

Los medios de pago electrónicos (MPE) se asocian con mecanismos de pago que usan los consumidores y el comercio de manera electrónica. Los MPE representan un servicio facilitador que prestan las entidades financieras, los cuales brindan por medio de una plataforma tecnológica necesaria para realizar este tipo de transacciones. De esta manera, se ha incrementado el número de canales electrónicos usados como medio transaccional, como el Internet (por medio de terminales fijas y móviles), el uso de tarjetas de crédito y de teléfonos móviles. El uso de estos medios promueve el acceso a mayor escala de servicios financieros, pagos más eficientes, más seguridad en las transacciones y disminución en trámites y costos (CCIT - Fedesarrollo, 2015).

Las transacciones a través de MPE se pueden clasificar en dos tipos: las presenciales y no presenciales, las primeras requieren que el cliente se encuentre presente y use una terminal electrónica, y las segundas se hacen a distancia, por medio de terminales electrónicos como el computador o dispositivos móviles (Pacheco, Pérez, & Salazar, 2016). En este último grupo se encuentran las operaciones relacionadas con la banca virtual (tanto en terminales fijas como en móviles). La banca virtual sirve como herramienta para acceder a servicios tales como: pagos, transferencias electrónicas, envío de giros etc.

De igual manera se puede tener acceso remotamente a consulta de movimientos financieros y se pueden tener alertas sobre transacciones, aumentando así el nivel de seguridad de las transacciones hechas por medios electrónicos. Otro medio de pago que involucra los MPE es el dinero electrónico o e-money el cual está asociado con el dinero que se transa por medios electrónicos, generalmente por medio de terminales de computación conectadas a Internet (Better Than Cash, 2015). La figura No. 1 muestra la evolución que ha tenido el uso del servicio de transferencias electrónicas en Colombia.

	*. Promedio/ 2015	b. Enero/ 2016	c. Febrero/ 2016	d. Marzo/ 2016	e. Total/ 2016
Valor (en miles de millones)	14.576	12.697	16.173	14.369	43.239
Volumen	902.313	674.382	858.412	907.589	2.440.383

**Figura. 1.** Transferencias Electrónicas Interbancarias, Banco de la Republica.

**Fuente:** Boletín Sistema de Pagos en Colombia. Marzo 2016.

De acuerdo con Fedesarrollo (2015), las ventas de comercio electrónico que se realizan usando medios de pago electrónicos en 2014 se incrementaron a US\$9,961 millones, de los cuales un 53% correspondía a pagos de impuestos, y otros servicios del Estado. A través de “pasarelas de pago” se realizaron transacciones que ascendieron a US\$4,737 millones, de las cuales 59% se hizo con tarjeta de crédito y un 40% con tarjeta débito (Pacheco, Pérez, & Salazar, 2016).

Estas estadísticas reflejan el auge del uso de MEP en el país, los cuales están soportados en una plataforma tecnológica que se robustece cada vez más. Para hacer más incluyente el uso de servicios financieros se debe fortalecer la penetración de Internet en la sociedad. A continuación se realiza una breve descripción del uso del Internet y las tecnologías de Información y comunicaciones en Colombia.

### 3. INDICADORES DE CONEXIÓN A INTERNET EN COLOMBIA

Gracias a los esfuerzos hechos por el gobierno en materia de penetración de Internet en el país (disminución de impuestos a computadores, zonas con conexión a Internet gratis) se espera tener un alto componente de disponibilidad de tecnología asociada con el uso de Internet y herramientas TIC. El primer trimestre (1T) de 2016 presentó un aumento en las conexiones de Internet banda ancha (Como banda ancha se considera a las conexiones a Internet fija con velocidad efectiva de descarga de datos mayores o iguales a 1.024 Kbps e Internet Móvil por suscripción a velocidades 3G y 4G) representa 13.233.368 accesos en el país. Las demás conexiones son aquellas de menor magnitud incluyendo conexiones en 2G (MINTIC, 2016).

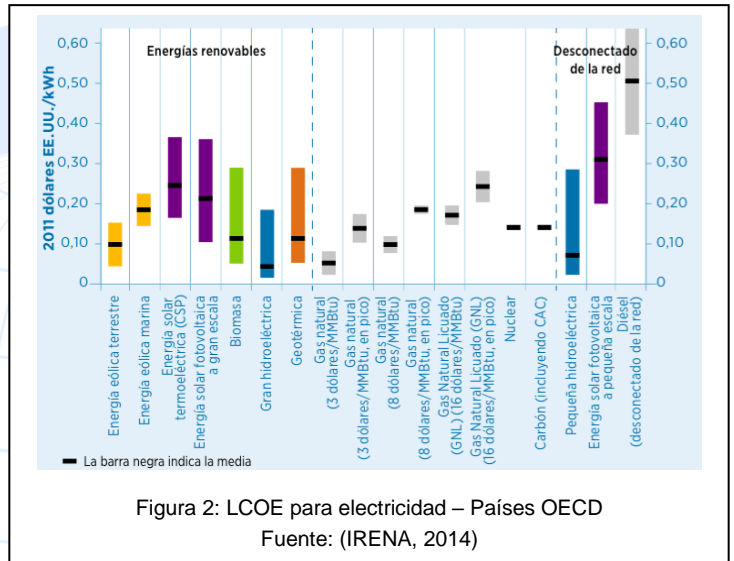
Teniendo en cuenta el mismo periodo del año inmediatamente anterior se puede evidenciar un aumento de más de 4% de accesibilidad a Internet de banda ancha, lo que significa un índice de penetración de 27,1% como se puede ver en la figura No. 2.

Lo anterior demuestra el crecimiento tanto en suscripciones y penetración de servicios de banda ancha en el país, lo que permite el desarrollo de más soluciones enfocadas al uso del Internet como herramienta transaccional de carácter financiero.

Un factor a tener en cuenta se refiere a los niveles de suscripción a servicios de Internet de banda ancha identificando el nivel de estrato socioeconómico, según estudios del MINTIC los inmuebles ubicados en estratos “base de la pirámide” tu-

vieron las mayores variaciones positivas de conexiones fijas a Internet de banda ancha. En estrato 1 presento un crecimiento del 15,8% respecto al primer trimestre del año 2015, mientras que en estrato 2 y 3 crecieron el 8,7% y 9,3% respectivamente. Una explicación para este fenómeno es el impulso del gobierno nacional por incrementar los niveles de uso de TIC en poblaciones más vulnerables (MINTIC, 2016).

Este escenario muestra una gran oportunidad para seguir creciendo en iniciativas que promuevan el uso de internet y las TIC para el uso de servicios transaccionales financieros, mejorando la inclusión social, penetración y eficiencia del Estado.



**Figura 2:** LCOE para electricidad – Países OECD  
**Fuente:** (IRENA, 2014)

### 4. BANCA ELECTRÓNICA Y EL RIESGO DE FRAUDE EN SERVICIOS FINANCIEROS

La revolución electrónica ha generado un incremento en la tasa de acuerdos comerciales y por tanto de flujos de dinero, lo cual permite el desarrollo de sistemas más eficientes relacionados con servicios financieros. Entre estos sistemas uno de los canales que ha ganado más relevancia es la banca electrónica, también conocida como e-banking. Como era de esperarse, la consolidación de este canal se ha enfrentado a obstáculos transversales a nivel mundial, entre los cuales se encuentra la incertidumbre ante la falta de garantías para mejorar los niveles de seguridad en transacciones financieras los cuales son reflejados por medio de ataques y la presencia de fraudes, así como las debilidades de los sistemas frente a grandes volúmenes transaccionales, entre otras. (Liébanacabanillas, 2013).

Una de las grandes amenazas para la consolidación de los servicios electrónicos bancarios es la posibilidad de un eventual fraude en las transacciones realizadas por canales electrónicos; es por eso que la banca en alianza con compañías de comercio ha invertido grandes recursos en investigar el fenómeno que permita mitigar y controlar este riesgo. Actualmente se utilizan sistemas, métodos inteligentes y técnicas de minería de datos con el fin de detectar el comportamiento sospe-



choso e inusual y así identificar el fraude y en muchos casos anticiparlo con el fin de proteger al usuario y los intereses de las instituciones bancarias para brindar un servicio eficiente y seguro (Langari, 2014).

Desde la década de los noventa los servicios electrónicos bancarios han llegado a ser los canales de distribución con el más alto potencial para las instituciones financieras (Karjaluo-to, 2002). Actualmente la mayoría de las compañías (tanto bancarias como empresariales y estatales) ofrecen a sus clientes dichos servicios. Gracias al alcance y penetración de los mismos, éstos se han convertido en instrumentos que generan satisfacción y lealtad, pues permiten una estrecha relación con el cliente (Climent & Momparles, 2006). También ha cambiado sus costumbres y se ha adaptado a estos nuevos medios gracias a la funcionalidad que ofrecen los dispositivos móviles y la necesidad de ser cada vez más eficiente al momento de hacer transacciones bancarias.

## 5. PANORAMA DE LOS PAGOS ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA

El gobierno ha incentivado un mayor acceso a los servicios financieros, pero la sociedad no ha podido adaptarse y se refleja con una distribución del uso de canales electrónicos disparado. Si bien los bancos colombianos han aumentado su red de sucursales, cajeros automáticos, corresponsales y terminales de punto de venta (TPV) al igual que el comercio, la red de aceptación de pagos electrónicos no se ha expandido tan rápidamente como se esperaba.

Aunque en 2012 se instalaron unos 220.000 TPV, únicamente el 70 por ciento estaban activos y daban cobertura a solo un 53 por ciento de los municipios, la gran mayoría eran instalados en establecimientos comerciales formales. Solo 46.000 empresas tenían un TPV, mientras que hay 450.000 pequeños establecimientos comerciales que no cuentan con terminales electrónicas que permitan aceptar pagos electrónicos, el consumo en este tipo de establecimientos representa un 56 por ciento del consumo familiar en el país (Better Than Cash, 2015).

Esto refleja que los pagos de mayor frecuencia y bajo monto representan un gran porcentaje del volumen de pagos en el país y a pesar de los esfuerzos, la migración al uso de las transferencias electrónicas no ha sido significativo en la economía "tradicional". La gran mayoría de estos pagos todavía se realizan en efectivo, con menos de un 10 por ciento de los 828 millones de transacciones efectuadas por medios electrónicos.

## 6. FASES DE DESARROLLO DEL SISTEMA DE PAGOS ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA

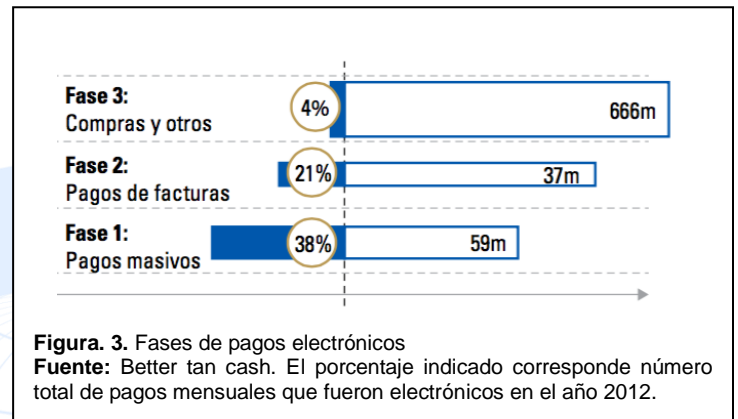
Better Than Cash Alliance (2016) ha documentado tres fases en la transición de los pagos mediante medios electrónicos:

1. Pagos masivos
2. Pagos de facturas e impuestos

### 3. Compras y otros

Colombia ha logrado alcanzar el 69% del valor de los pagos electrónicos principalmente en la primera fase de la transición de los pagos masivos del sector público y privado.

La Figura 3 muestra el nivel de penetración de las tres fases, las cuales se describirán a continuación.



### 6.1 Pagos Masivos

Esta es una tendencia que se encuentra en aumento; los pagos masivos hacen referencia al pago de fondos de una entidad a múltiples individuos o empresas mediante una única transacción de pago (de uno a muchos). Este es el núcleo de la primera transición a pagos electrónicos en el país. Las transferencias electrónicas representan ahora más del 58% del valor de los pagos masivos en el país, incluyendo las siguientes formas:

- Pago de recursos del gobierno central a gobiernos departamentales y municipales.
- Pagos de nómina.
- Transferencias monetarias condicionadas u otros programas y subsidios sociales.
- Pagos a proveedores.

### 6.2 Pago de facturas e impuestos

Los pagos de facturas e impuestos ocurren cuando una entidad estatal o una empresa privada emiten facturas a una gran cantidad de clientes de manera periódica, de igual manera el pago de estos se hace por medios electrónicos. Algunos ejemplos son:

- Recaudo de impuestos
- Pago de servicios públicos
- Recaudo de cuotas escolares
- Pago de tarjetas de crédito
- Aportes a la seguridad social

Los pagos de facturas e impuestos representan la segunda transición más importante a transferencias electrónicas en Colombia, el 62 % del valor de las cuentas se paga electróni-

camente. Sin embargo, esto representa solo el 21% de las transacciones totales que los colombianos realizan mensualmente de forma electrónica, o en el caso de impuestos de acuerdo al periodo que corresponda.

### 6.3 Compras y otros

Como se anotaba anteriormente, el riesgo es un factor determinante al momento de hacer transacciones electrónicas; este es un factor que influye de manera primordial en los consumidores impidiendo la transición hacia el uso de MPE.

Es por eso que el tercer cambio que debe darse es que más consumidores paguen los bienes y servicios electrónicamente, en particular con tarjeta de débito o crédito, en vez de pagar con dinero en efectivo. Se hace énfasis en el uso de las tarjetas de débito, porque estas son un reemplazo directo del dinero en efectivo. Al considerar que en la actualidad, solo el 3,9 por ciento de las 710 millones de transacciones mensuales que realizan los individuos (14% del valor), se hacen electrónicamente, esta fase tiene un reto grande ya que es la que permitirá mayor inclusión y penetración del uso de MPE.

## 7. ESTADO DEL ARTE EN COLOMBIA

De igual manera se identificaron varios grupos de investigación mediante la búsqueda en el sistema de información – Scienti de COLCIENCIAS, los cuales están asociados con proyectos, cursos e investigaciones relacionadas con comercio electrónico o riesgos relacionados con fraudes en estos medios.

A su vez se registran, cada vez en mayor cantidad, el uso de aplicaciones, medios de pago y servicios asociados con TIC y el uso de Internet que promueven los bancos, los cuales ya han identificado un nicho de mercado el cual aprovecha la tecnología móvil para desarrollar propuestas innovadoras que potencien el uso de medios de pago y transaccionales financieros electrónicos.

## CONCLUSIONES

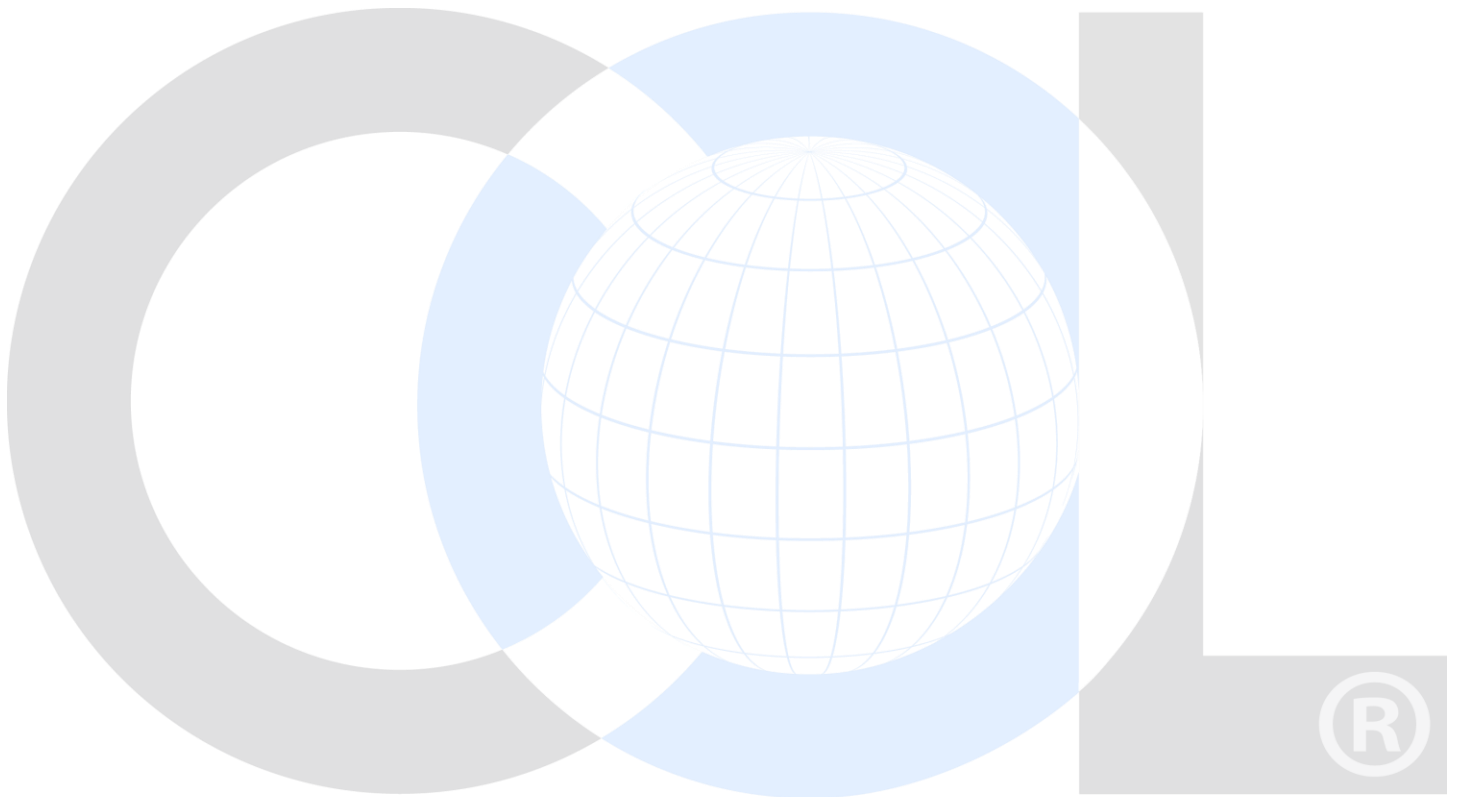
El gobierno nacional ha sido consciente de la necesidad de incrementar el uso de los medios de pago electrónicos por medio de las TIC, es por eso que ha creado instituciones como el SIIF - Sistema Integrado de Información Financiera y el Banco Central creó CENIT (Compensación electrónica nacional interbancaria), iniciativas que han integrado a la empresa privada, tanto comercial como bancaria en proyectos que incentiven el uso de medios electrónicos de pago mejorando los canales y la inclusión al sistema financiero.

Sin embargo, el camino hacia una economía que base sus transacciones a través de medios electrónicos está lejos de ser una realidad, ya que el país sigue usando como principal medio de pago el dinero efectivo.

Definitivamente es necesario ahondar esfuerzos en mejorar los índices de inclusión financiera, mediante el uso de plataformas de pago electrónico a través de iniciativas incluyentes y benéficas que sean acordes con las necesidades de una sociedad con altos índices de desigualdad e informalidad comercial.

## BIBLIOGRAFÍA

- COLCIENCIAS. (2016). Sitio Web Gruplac - Red Scienti - Colciencias. Recuperado el 2016
- CCIT - Fedesarrollo. (2015). Coyuntura TIC - El uso de los medios de pago electrónicos en Colombia. Bogotá: Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones.
- Pacheco, B. H., Pérez, C., & Salazar, N. (2016). BENEFICIOS POTENCIALES DE UN INCREMENTO EN EL USO DE LOS MEDIOS DE PAGO ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA. Bogotá D.C.: Fedesarrollo.
- Better Than Cash . (2015). Country Diagnostic: Colombia . EE.UU.: Alliance.
- MINTIC. (2016). Boletín trimestral de las TIC - Cifras Primer Trimestre de 2016. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones .
- Liébana-Cabanillas, F. N. (2013). Analysing user trust in electronic banking using data mining methods. Expert Systems with Applications, 5439-5447.
- Karjaluoto, H. M. (2002). Factors underlying attitude formation toward online banking in Finland. International Journal of Bank Marketing, Vol. 20(6) 261-272.
- Climont & Momparles, A. (2006). La situación de la banca online en España. Boletín Económico de ICE 2898, pp. 27-49.
- Langari, R. M. (2014). Introducing a model for suspicious behavior detection in electronic banking by using decision tree algorithms. Journal of Information Processing and Management, 681-700.
- Better Than Cash. (2015). Lecciones de la transición de Colombia a las transferencias electrónicas. Nueva York: Bankable Frontier Associates (BFA).



INNOVACION



-  (57)+1 6725048  
(57) 315 796 6545
-  Carrera 20 No 184 - 48 Local 4  
Bogotá D.C., Colombia.
-  [gzamudio@colinnovacion.com](mailto:gzamudio@colinnovacion.com)  
[contacto@colinnovacion.com](mailto:contacto@colinnovacion.com)



[www.colinnovacion.com](http://www.colinnovacion.com)