



# VIGILANCIA TECNOLÓGICA y ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS:

*“MOLINOS DE BOLAS PARA  
OPERACIONES MINERAS”*

**MC. Daniel Barrón Pastor**  
**MIIB Norma García Calderón**  
**LIQ Yolanda Patricia Méndez Torres**  
**LIQ Martha Lizeth Luna Segura**



Daniel Barrón Pastor, Norma García Calderón, Yolanda Patricia Méndez Torres y Martha Lizeth Luna Segura (2016) Vigilancia tecnológica y análisis de trayectorias tecnológicas: Molinos de bolas para operaciones mineras. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

La reproducción o traducción de esta obra requiere permiso por escrito de la institución que lo edita. Pueden reproducirse pequeños fragmentos del texto o figuras aisladas, siempre que se den los créditos correspondientes a los autores y a la edición correspondiente.

© Daniel Barrón Pastor, Norma García Calderón, Yolanda Patricia Méndez Torres y Martha Lizeth Luna Segura

© Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.  
Camino a la Presa San José 2055, Col Lomas 4ª sección. CP 78216  
San Luis Potosí, SLP, México  
<http://www.ipicyt.edu.mx/>

Primera edición: Diciembre 2016.

ISBN de la edición impresa: 978-607-96994-2-0

ISBN de la edición en pdf: 978-607-96994-3-7

Impreso en México/ *Printed in México*

El presente estudio forma parte de los esfuerzos realizados en el marco del proyecto “Análisis, diagnóstico y desarrollo de estrategias para el aprovechamiento sostenible de agua y energía en la industria minera, con un enfoque multidisciplinario y formación de recursos humanos en Ciencias de la Tierra” Coordinado por la Dra. María Isabel Lázaro Báez de la UASLP, financiado por el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a quienes agradecemos su apoyo.



## CONTENIDO

PRESENTACIÓN	1
RESUMEN EJECUTIVO	3
Objetivo de la vigilancia tecnológica: .....	3
Principales hallazgos de la vigilancia tecnológica.....	3
Análisis de tendencias tecnológicas.....	8
Características de la invención .....	9
Partes del molino .....	11
Materiales de manufactura .....	12
Conclusiones.....	13
¿QUÉ ES UNA VIGILANCIA TECNOLÓGICA?	15
Metodología .....	17
Protección de tecnología por patentes y estrategias de uso.....	18
INTRODUCCIÓN TÉCNICA	23
Molino de bolas .....	23
Reducción de tamaño .....	23
Molinos de volteo .....	27
Operación .....	28
Molienda en seco frente a molienda en húmedo .....	29
Eficiencias del molino.....	31
Capacidad y consumo de energía .....	32
Selección del molino.....	33
Tipos de Molienda: Fractura vs. Desaglomeración.....	33
Energía requerida y escalamiento .....	34
a. Leyes de energía .....	34
b. Tamaño límite de partícula.....	36
c. Tipos de rompimiento y molienda.....	36

Escalamiento y control de un circuito de molienda .....	37
a. Escalamiento basado en energía .....	37
b. El rol de la molienda a nivel industrial.....	38
Molienda autógena .....	38
Tipos de circuitos de molienda .....	40
VIGILANCIA TECNOLÓGICA .....	43
OBJETIVO .....	43
Búsquedas de patentes temáticas y específicas .....	43
Análisis de Patentes directamente relacionadas con molinos de bolas ..	45
Análisis bibliométrico .....	45
a. ¿Cuándo se han registrado las patentes? .....	45
b. ¿Dónde se está inventando la tecnología? .....	46
c. ¿Dónde se está protegiendo la tecnología? .....	47
d. ¿Quién está desarrollando la tecnología? .....	49
Análisis de TRAYECTORIAS tecnológicas .....	53
Tipo de molinos .....	55
Características de la invención .....	56
Otros Procesos involucrados .....	63
Partes del molino .....	65
Materiales de manufactura .....	68
Molienda vía húmeda vs. Vía seca .....	70
Conclusiones.....	71
PATENTES MEXICANAS MOLINO DE BOLAS .....	73
ANEXO 1. INSTRUCCIONES DE USO DE MATRICES DE ANÁLISIS DE PATENTES .....	91
Bibliografía .....	93

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patentes por año de solicitud 1986-2015 .....	5
Figura 2. Patentes por país de solicitud de prioridad.....	5
Figura 3 Patentes por país de publicación .....	6
Figura 4 Categorías en las que se clasifica el listado de patentes relevantes para el objetivo de la presente vigilancia. ....	8
Figura 5 Característica de la invención (frecuencia mayor a 90) .....	9
Figura 6 Característica de la invención (frecuencia menor a 90 y mayor a 20) .....	10
Figura 7 Característica de la invención (frecuencia menor a 20) .....	10
Figura 8 Componentes del equipo de molienda (frecuencia mayor a 20). 11	
Figura 9 Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia mayor a 10) .....	12
Figura 10 Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia menor a 10) .....	13
Figura 11 Proceso de Vigilancia tecnológica según NMX-GT004IMNC 201016	
Figura 12 Vista interior de un molino en movimiento .....	28
Figura 13 Tipos de rompimiento en diferentes tipos de equipos industriales	37
Figura 14. Procedimiento de búsqueda y filtrado de patentes.....	44
Figura 15. Patentes por año de solicitud 1986-2014 .....	45
Figura 16. Patentes por país de solicitud de prioridad.....	46
Figura 17. Patentes por país de publicación .....	48
Figura 18. Categorías en las que se clasifica el listado de patentes relevantes para el objetivo de la presente vigilancia.....	55
Figura 19. Tipos de molinos encontrados .....	56
Figura 20. Característica de la invención (frecuencia mayor a 90) .....	59
Figura 21 Característica de la invención (frec. menor a 90 y mayor a 20) .	61
Figura 22 Característica de la invención (frecuencia menor a 20) .....	63
Figura 23 Otros procesos involucrados (frecuencia mayor a 15) .....	64

Figura 24 Otros procesos involucrados (frecuencia menor a 15) .....	65
Figura 25 Componentes del equipo de molienda (frecuencia mayor a 100) .....	66
Figura 26 Componentes del equipo de molienda (frecuencia mayor a 20 y menor a 60).....	67
Figura 27 Componentes del equipo de molienda (frecuencia menor a 15) .....	68
Figura 28 Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia mayor a 10) .....	69
Figura 29 Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia menor a 10) .....	69
Figura 30 Molienda vía húmeda vs molienda vía seca.....	70

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Patentes de prioridad Vs extranjeras publicadas .....	7
Tabla 2. Algunos usos industriales de los molinos de bolas.....	39
Tabla 3 Resultados de la búsqueda en la base de datos de patentes. ....	44
Tabla 4 Patentes de prioridad Vs extranjeras publicadas .....	50
Tabla 5. Patentes por identidad del solicitante .....	51
Tabla 6. Patentes por identidad del inventor .....	51



**VIGILANCIA TECNOLÓGICA y ANÁLISIS DE  
TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS:**

*“MOLINOS DE BOLAS PARA OPERACIONES  
MINERO-METALÚRGICAS”*

**MC. Daniel Barrón Pastor  
MIIB Norma García Calderón  
LIQ Yolanda Patricia Méndez Torres  
LIQ Martha Lizeth Luna Segura**

## PRESENTACIÓN

La historia de la humanidad está directamente relacionada a nuestra capacidad de utilizar y transformar los minerales: Tras una larga edad de piedra, hace alrededor de 5 mil años comenzamos la edad de los metales (cobre, bronce y hierro), los cuales son piezas clave en el proceso de la revolución industrial y hasta nuestros días. Durante el siglo XX y lo que va del XXI, la producción y consumo de metales ha crecido y crecerá enormemente a nivel global. El crecimiento en el consumo ha sido y será provocado por la expansión de la población global, sus aspiraciones a una mayor calidad de vida, la urbanización, el crecimiento económico, los cambios de base económica y tecnológica, etc. El desarrollo de la capacidad de producción de metales a nivel global, además de la demanda en el mercado, ha estado y estará ligada al número, tamaño y estabilidad laboral de las operaciones mineras en cada región del mundo; la ley y reservas de cada uno de los yacimientos explotados, el precio de mercado y, el incremento en las capacidades tecnológicas utilizada en los procesos mineros y metalúrgicos para poder ampliar la producción a costos económicos y ambientales cada vez menores, con mayor seguridad laboral y de las inversiones involucradas. El factor tecnológico es el objetivo del estudio que se presenta en esta serie de publicaciones “Colección Observatorio tecnológico del IPICYT- FORDECYT Minería sustentable” que consta de dos volúmenes:

- a) Vigilancia y análisis de trayectorias tecnológicas: molinos de bolas para operaciones minero-metalúrgicas.
- b) Vigilancia y análisis de trayectorias tecnológicas: tratamiento y re-uso de aguas de presas de jales en operaciones minero-metalúrgicas.

En ambos volúmenes, tras el resumen ejecutivo, se presenta una introducción a la vigilancia tecnológica, desde la perspectiva del análisis de trayectorias tecnológicas; un resumen del estado de la técnica sobre el tema a abordar (molinos de bolas o tratamiento de aguas de jales), el análisis de trayectorias tecnológicas correspondiente y, el listado de patentes y solicitudes de patente registradas en México en la materia abordada en cada volumen. Todo ello para mostrar, de forma comparativa el desarrollo de opciones tecnológicas y su evolución.

Cabe señalar que este estudio fue desarrollado gracias a la convocatoria CONACYT del fondo Fomento regional para el desarrollo de la ciencia y tecnología (FORDECYT) en la demanda denominada “Impulso al desarrollo sostenible de la minería: agua y energía”, a quienes agradecemos su apoyo.

## RESUMEN EJECUTIVO

### **Objetivo de la vigilancia tecnológica:**

Identificar y analizar el estado del arte sobre tratamiento o recuperación de molinos de bolas, a través de:

- Desarrollar bases de datos de artículos científicos, libros, etc y filtrar su contenido dejando sólo documentos relevantes sobre molinos de bolas para operaciones minero-metalúrgicas, y desarrollar una introducción técnica.
- c) Desarrollar bases de datos de patentes a partir de bases de patentes públicas (USPTO, EPO-Espacenet, IMPI) y filtrar su contenido dejando sólo documentos relevantes a sobre molinos de bolas para operaciones minero-metalúrgicas.
- Analizar las diferentes bases de datos, para identificar las tendencias tecnológicas a través de análisis bibliométrico y análisis de trayectorias tecnológicas.
- Analizar la base de datos de patentes Mexicanas, para identificar las tecnologías protegidas en México y los actores preponderantes.

Cabe señalar que la presentación de los resultados se realiza de lo general a lo particular, buscando describir la situación de desarrollo tecnológico y apropiación de tecnología sobre molinos de bolas para operaciones minero-metalúrgicas.

### **Principales hallazgos de la vigilancia tecnológica**

En el presente estudio, tras introducir brevemente a la vigilancia tecnológica y las características técnicas de los molinos de bolas y, se presenta el análisis técnico de una base de datos de 5916 patentes y solicitudes de patente relacionadas a molinos de bolas; dicha base de

datos se conformó a partir de diferentes búsquedas con las palabras clave “ball mill, ball milling, ball grinding, ball grinder, mining, ore”

Las 5916 patentes y solicitudes de patente encontradas fueron leídas y analizadas una por una. Se filtró de forma que se eliminaron aquellas patentes que no están directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc.). Se encontró que 1305 patentes y solicitudes de patente están relacionadas. El resto no tuvieron relevancia para el objetivo de la presente vigilancia.

Las 1305 patentes y solicitudes identificadas porque están directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc), se solicitaron entre 1897 y 2015<sup>1</sup>. Pero cabe señalar que 542 patentes se registraron entre 2005 y 2015. Lo que implica un renovado interés en la optimización de los molinos de bolas y elevar su eficiencia en la última década. (figura 1)

De las 1305 patentes que identificamos como directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc), la mayoría de las patentes de prioridad fueron registradas en China (1051), US (237), Alemania (168) y Francia (133) y otros mostrados en la figura 2. Cabe recordar que el país de prioridad de las patentes se relaciona con el país de origen de la tecnología, porque generalmente las empresas y las personas registran la primera patente en su país de origen.

---

<sup>1</sup> Los resultados dependen directamente del avance de cada país en la digitalización y sistemas de acceso a las bases de datos de patentes. Cada país ha vertido cierta cantidad de la información de patentes en los sistemas digitales, sin embargo pocos tienen digitalizadas patentes previas a 1976 así como puede estar incompleto 1976-2015.

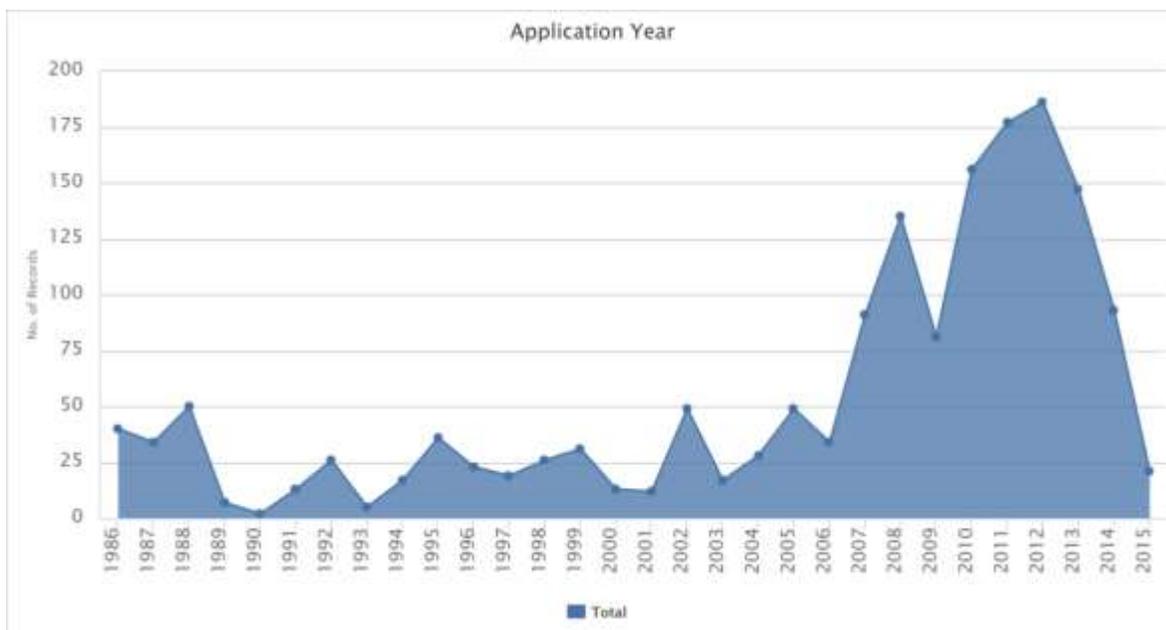


Figura 1. Patentes por año de solicitud 1986-2015

◆ #	▼ Total
CN	1051
US	237
DE	168
FR	133
GB	45
JP	35
AU	27
BE	25
IN	23
SE	23
FI	20
AT	19
LU	19
CA	12
KR	10

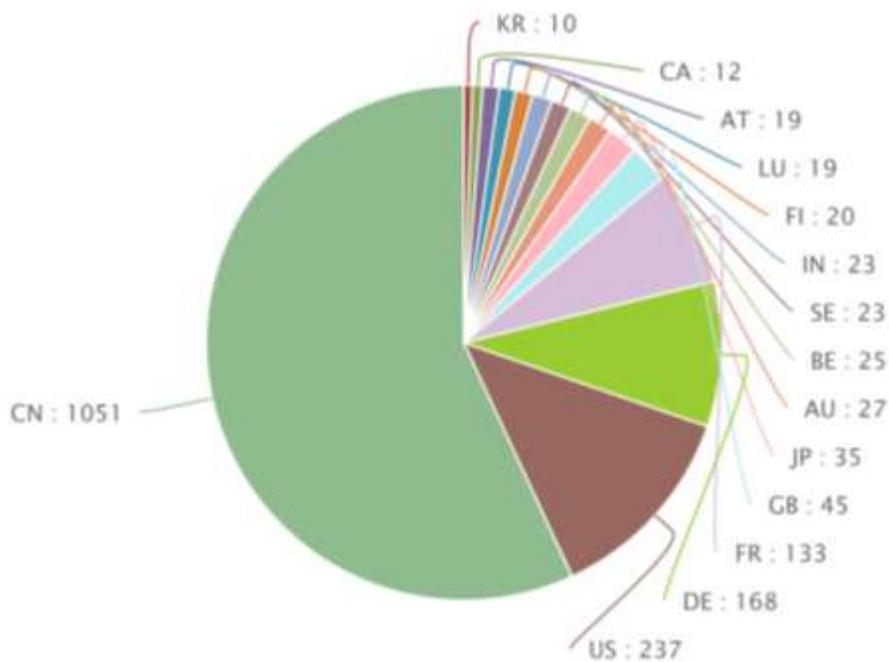
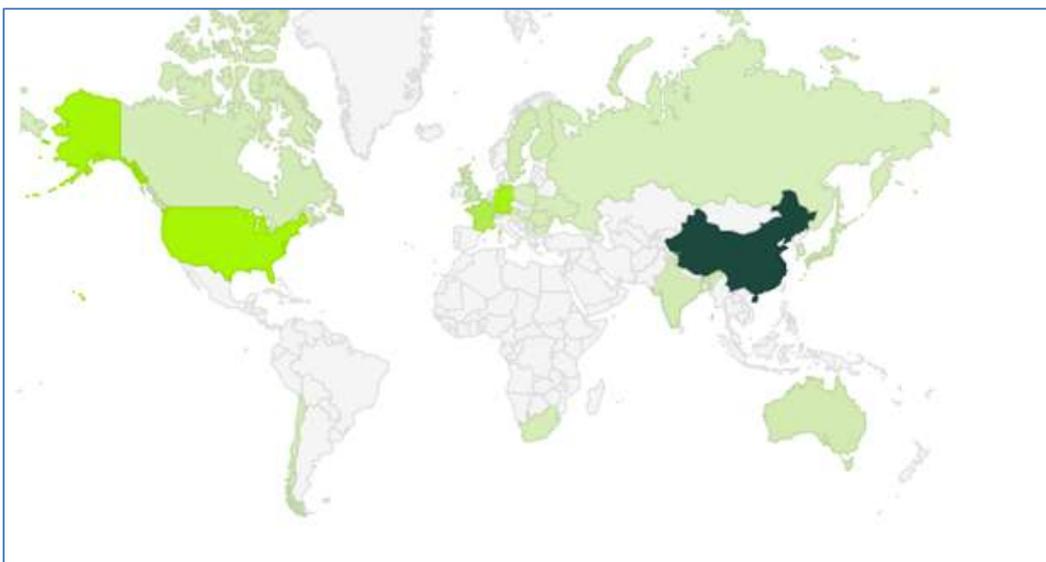


Figura 2. Patentes por país de solicitud de prioridad

Cabe señalar que entre 1897 y 1986 el país donde más tecnologías relacionadas a los molinos de bolas se patentaron, fue Estados Unidos (83), mientras que en China no había una sola patente. Entre 1986 y 2015, en Estados Unidos sólo se registraron 113 patentes de prioridad, mientras que en China se registraron 1051, lo que implica que la tecnología relacionada a molinos de bolas está siendo principalmente desarrollada en China, mientras que en US se ha mantenido un menor interés en este tipo de tecnología. Este cambio en el rol de desarrollo tecnológico, indica que en China existe una mayor posibilidad de encontrar tecnologías eficientes y óptimas involucradas con la industria minera. Por consiguiente, es fundamental que las empresas mineras nacionales, consideren a Asia Oriental, como una nueva oportunidad de encontrar las tecnologías más avanzadas en cuestión de equipos de molienda como los molinos de bolas, que anteriormente, dichas tecnologías se originaban en US o en Europa. De forma global, sumando patentes locales con registradas por extranjeros en un país, el país donde se está protegiendo la tecnología sobre molinos de bolas es en China (595), mientras que sólo 25 patentes fueron publicadas en US, 19 en Australia, 9 en Canadá, etc.



**Figura 3 Patentes por país de publicación**

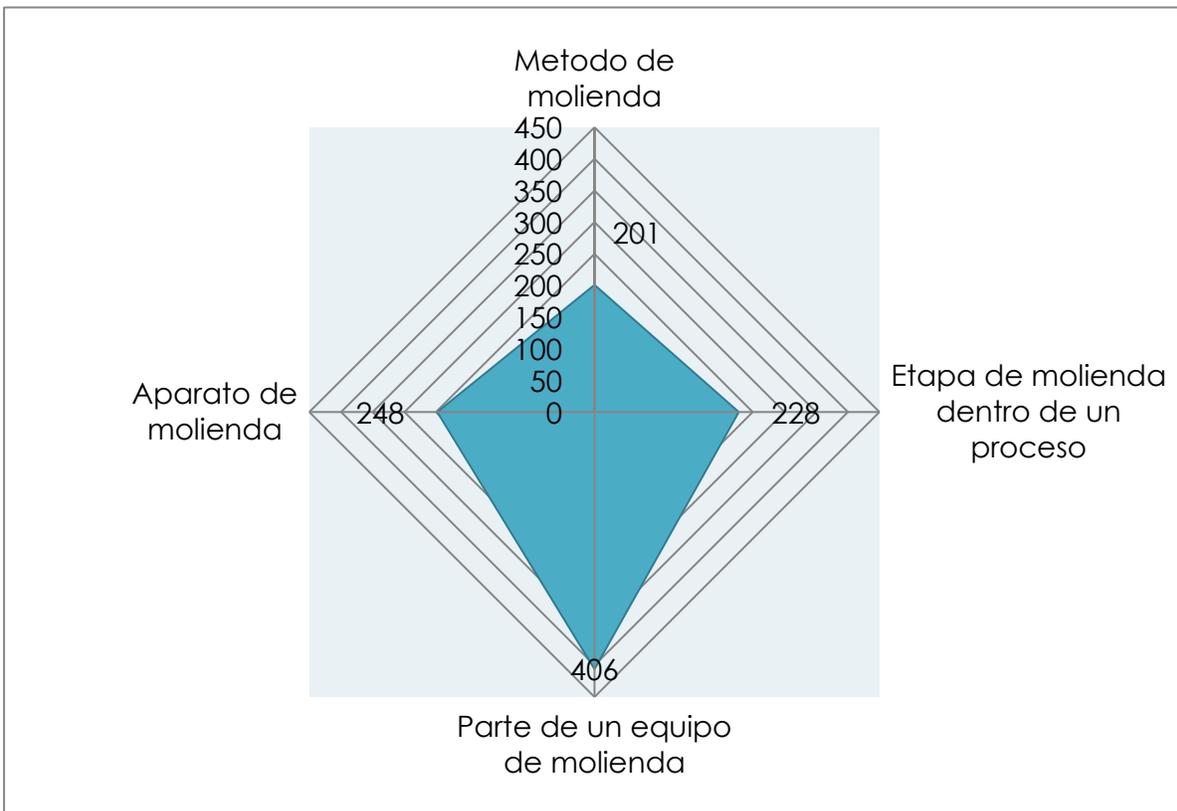
**Tabla 1. Patentes de prioridad Vs extranjeras publicadas**

<b>País</b>	<b>Patentes publicadas</b>	<b>Patentes prioridad local</b>	<b>Patentes con prioridad extranjera</b>
<b>China (CN)</b>	1062	1051	US=3, AU=3, SG=1
<b>US</b>	251	92	GB=19, CA=17, AU=16, EP=11, BR=9, DE=8, PH=8, ZA=8, CN=7, JP=6, MX=3
<b>ALEMANIA (DE)</b>	177	29	FR=14, US=13, AU=10, AT=9, FI=9, CN=8, EP=8, JP=7, CA=6, BR=5, MX=3
<b>FRANCIA (FR)</b>	94	7	US=10, EP=7, JP=6, AU=5, CA=4, CN=4, KR=4, AT=3, BR=3, DE=3, MX=2
<b>INGLATERRA (GB)</b>	48	26	JP=3, BE=2, CH=2, FI=2, FR=2, NL=2, SE=2, US=2, DE=1, ES=1,
<b>AUSTRALIA (AU)</b>	31	8	CA=3, ZA=3, DE=2, EP=2, IT=2, JP=2, US=2, BE=1, GB=1, IN=1
<b>BELGICA (BE)</b>	25	1	AU=2, BR=2, CA=2, CN=2, DE=2, EP=2, NO=2, US=2, AT=1, DK=1
<b>INDIA (IN)</b>	23	2	AP=2, AU=2, CN=2, EA=2, EP=2, JP=2, AT=1, BR=1, CA=1, ES=1
<b>SUECIA (SE)</b>	23	3	FI=4, AU=2, CA=2, DE=2, EP=2, NO=2, AT=1, DK=1, ES=1, US=1

### Análisis de tendencias tecnológicas

El análisis técnico para la tecnología de molinos de bolas se enfocó principalmente en las características estructurales de los equipos de molienda, y su participación en los procesos de minería. Para este efecto, el listado de patentes analizado se categorizó principalmente en 4 rubros, los cuales se explican en el apartado correspondiente:

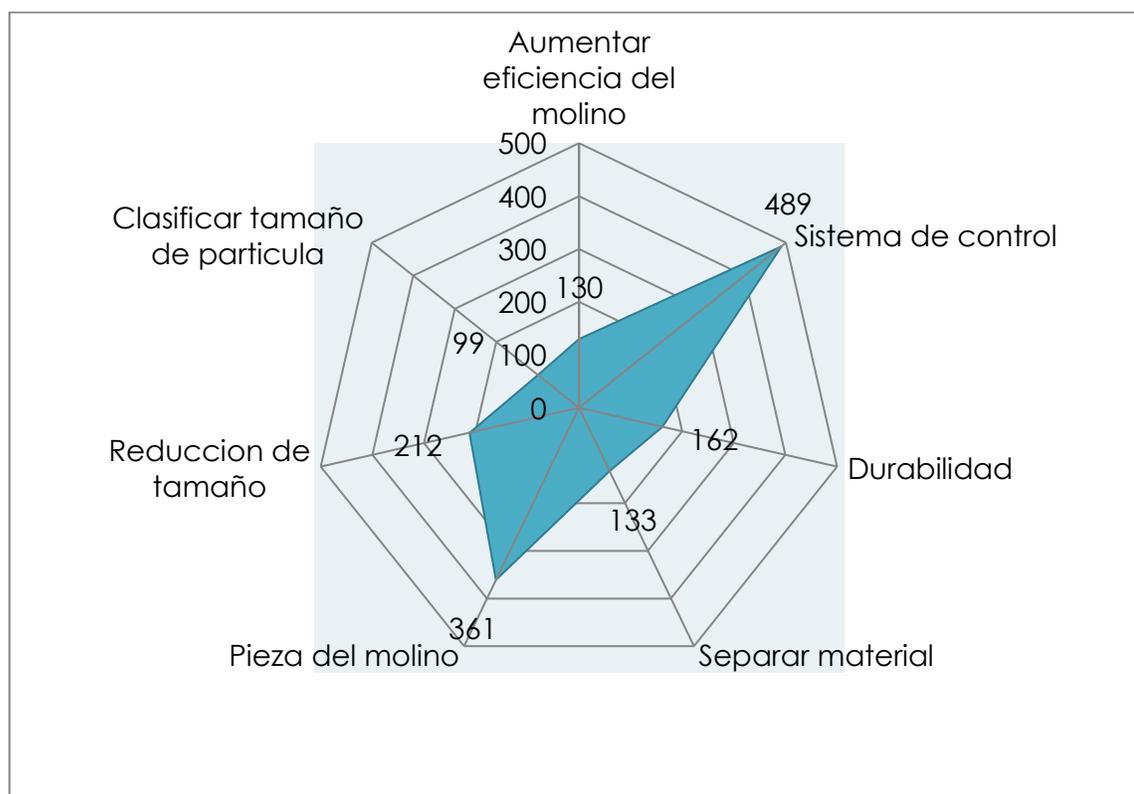
- Método de molienda
- Etapa de molienda dentro de un proceso
- Parte de un equipo de molienda
- Aparato de molienda



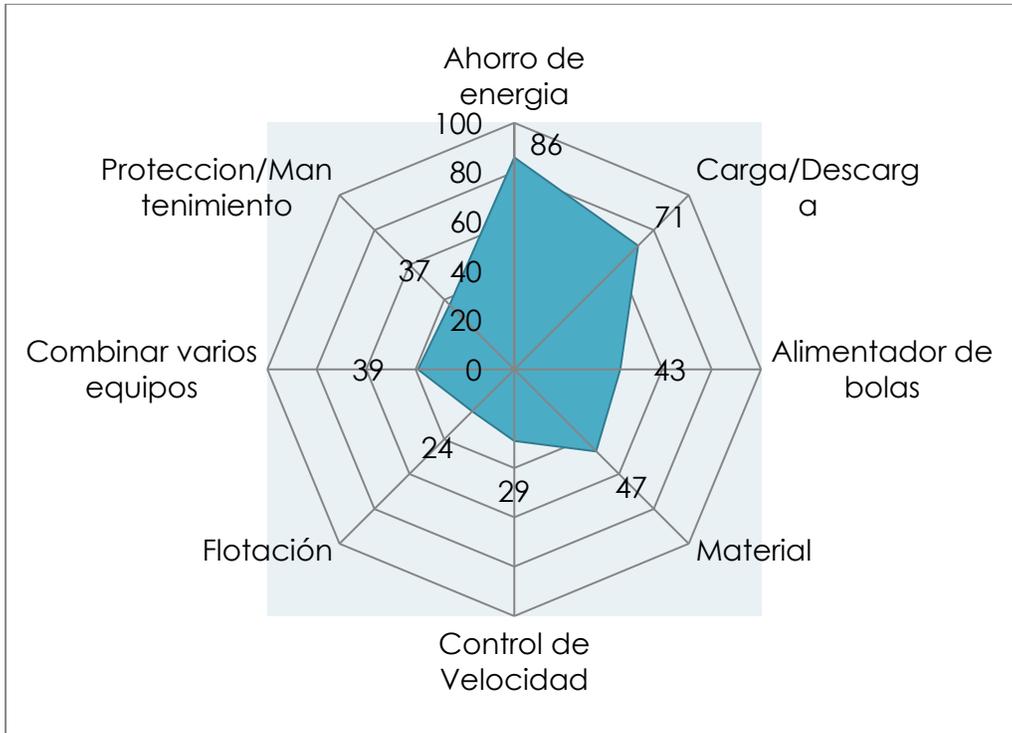
**Figura 4 Categorías en las que se clasifica el listado de patentes relevantes para el objetivo de la presente vigilancia.**

### Características de la invención

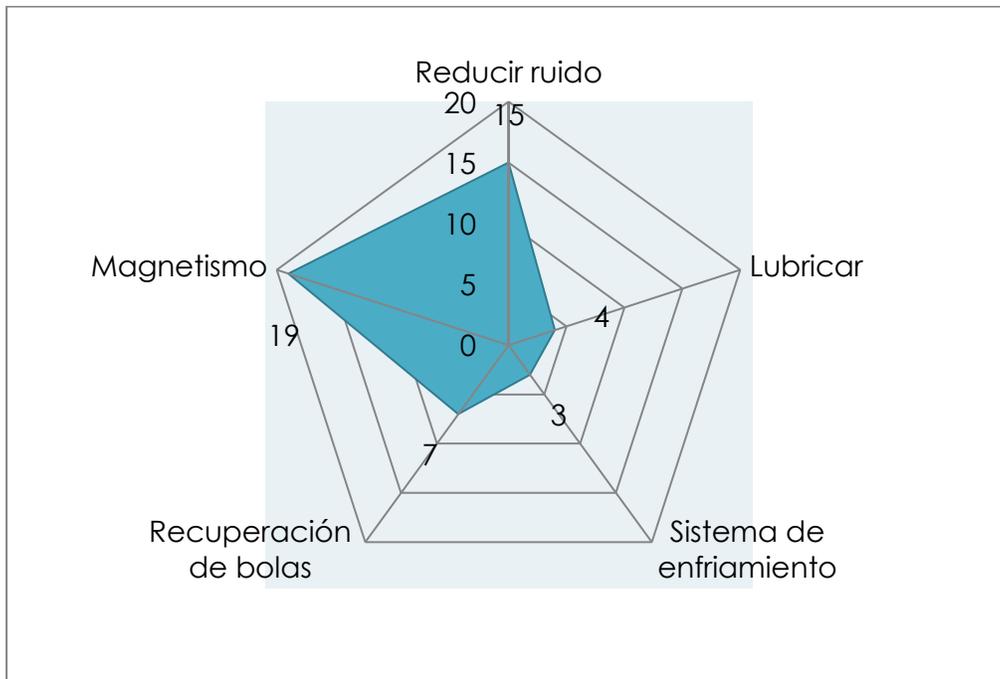
Como se mencionó previamente, los propósitos de la invención difieren de una patente a otra, y las patentes analizadas también se categorizaron de acuerdo a cuál es la característica fundamental de la invención, los cuales se explican en el apartado correspondiente. A continuación se presentan principales características de la invención presentada en las patentes:



**Figura 5 Característica de la invención (frecuencia mayor a 90)**



**Figura 6 Característica de la invención (frecuencia menor a 90 y mayor a 20)**

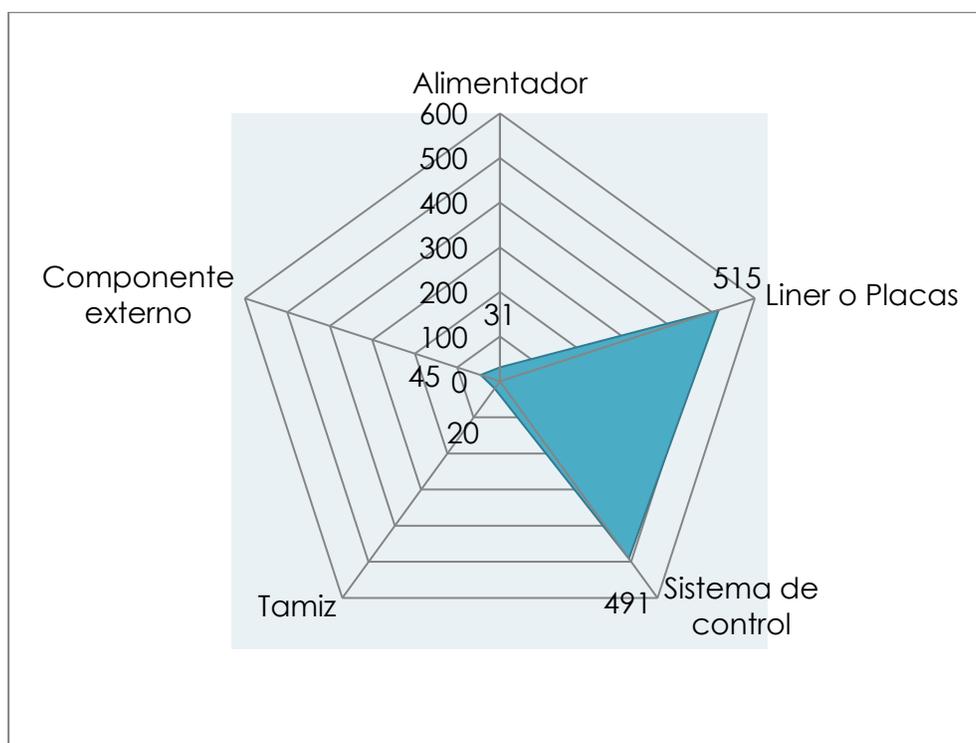


**Figura 7 Característica de la invención (frecuencia menor a 20)**

## Partes del molino

Se realizó una clasificación denominada partes del molino, debido a que la invención de una cantidad significativa de patentes está relacionada con el diseño y la mejora de cada uno de los componentes de los molinos y que contribuyen a la optimización de los mismos. Por lo que no todas las patentes presentan equipos de molienda completos.

Como se observa en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se encontraron principalmente liners o placas, y sistemas de control.



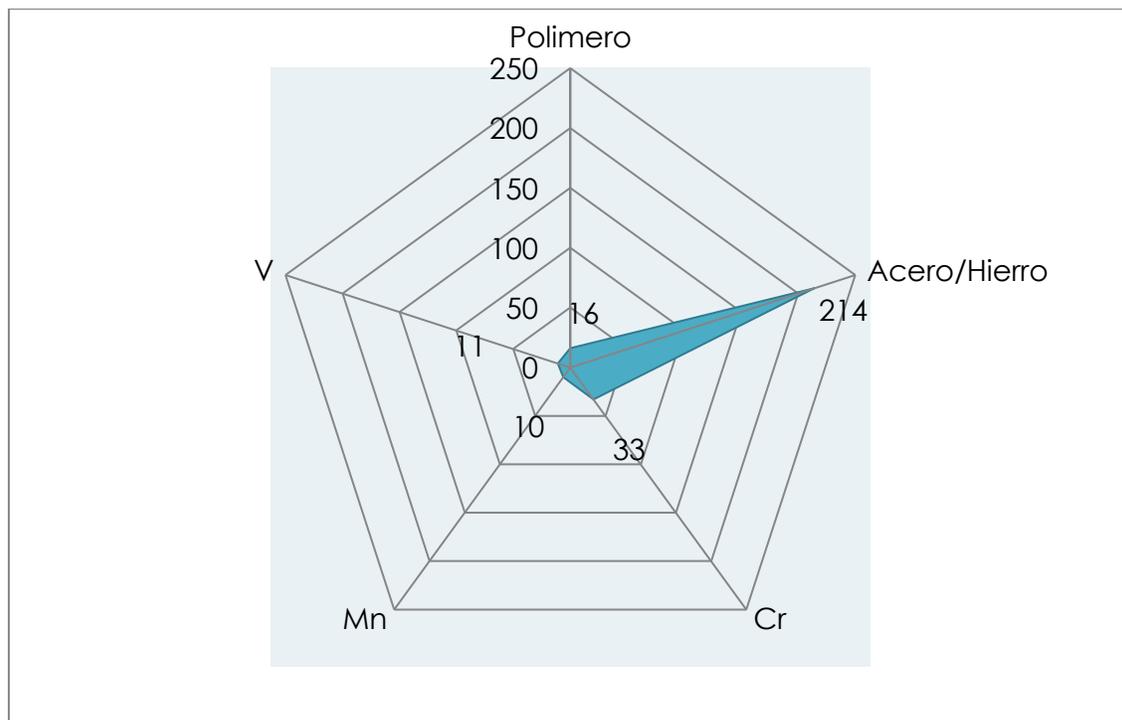
**Figura 8 Componentes del equipo de molienda (frecuencia mayor a 20)**

Los liners tienen un papel importante en el rendimiento del molino debido a que son los que movilizan el material en el interior del molino, por lo cual el diseño de dichas placas es oportunidad de innovación. De la misma manera, los sistemas de control cobran importancia debido a la modernización en la operación de equipos, buscando mejorar el

rendimiento energético y la eficiencia del molino. Algunos molinos cuentan con tamices para ir separando los finos de los gruesos, ya que pulverizar partículas de menor tamaño requiere mayor energía, y la presencia de finos considera una pérdida energética importante durante la operación del molino. 45 patentes se refieren a componentes externos, es decir, no forman parte integral del molino, sin embargo son importantes para su funcionamiento.

### **Materiales de manufactura**

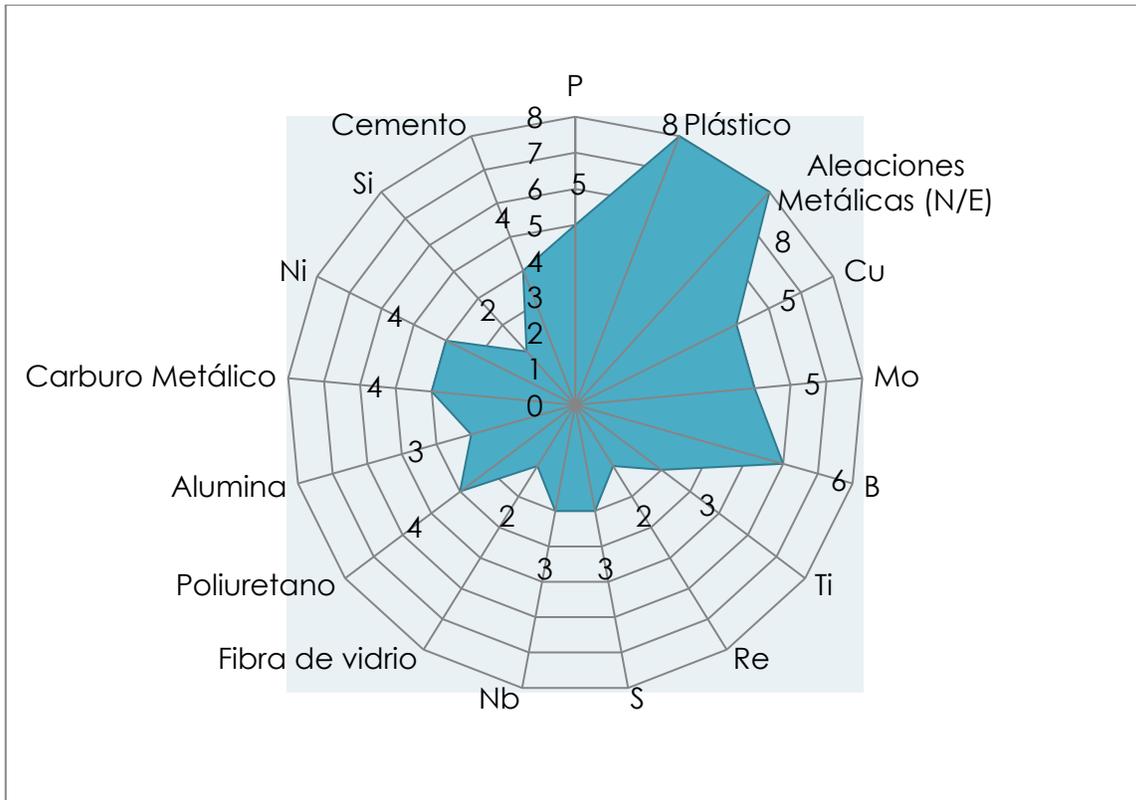
Para aumentar la durabilidad y mejorar la resistencia al desgaste de los molinos, se emplean diferentes tipos de materiales y diferentes aleaciones, en el gráfico siguiente se muestran los materiales que se emplean con más frecuencia.



**Figura 9 Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia mayor a 10)**

El material de manufactura más importante es el acero, que puede estar en proporción con otros materiales (debido a que existen diferentes tipos

de acero, de acuerdo a metales que pueda tener agregados). Los polímeros también son utilizados pero en menos proporción. Los materiales empleados con menor frecuencia se muestran en la figura 10.



**Figura 10 Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia menor a 10)**

### Conclusiones

Este análisis presenta un panorama general sobre los equipos de reducción de tamaño que emplean bolas de acero como medio de molienda. La innovación en cuanto al diseño de estos equipos esta principalmente dirigida al diseño y la manufactura de placas o (liners), en todos los sentidos: desde materiales de manufactura, hasta el diseño geométrico de las mismas. Otro aspecto importante en el que se enfoca la innovación es el aspecto del control, debido a la modernización y el avance de la tecnología electrónica, los sistemas de control cada vez pueden ser más

precisos, y esto da como resultado operaciones más eficientes, y la tecnología de molinos no es la excepción. Sin embargo el fundamento principal de la molienda es el mismo desde que se ha empleado, solo se ha ido buscando la optimización del proceso.

El análisis de tendencias tecnológicas, brinda información sobre las metodologías propuestas en dichas patentes y sobre qué temas de interés se están desarrollando tecnologías en el mundo sobre molinos de bolas. Dicha información puede ser consultada en la matriz de excell Molino de bolas Filtrado Final, anexo. Esta base de datos permite revisar puntualmente las características de cada invención en cada patente, con lo cual se puede seleccionar rápidamente aquellos documentos que sean de interés de la empresa, a los cuales se puede acceder a los documentos a través de un hipervínculo.

Finalmente se presentan las patentes registradas en México relacionadas a molinos de bolas, de las cuales se expone el resumen para mejor comprensión de los que contienen y protegen dichas patentes en nuestro país.

Cualquier duda o comentario sobre el contenido de este reporte, por favor comunicarse al Observatorio tecnológico del IPICYT:

[http://www.ipicyt.edu.mx/Vinculacion/vinculacion\\_observatorio.php](http://www.ipicyt.edu.mx/Vinculacion/vinculacion_observatorio.php)

daniel.barron@ipicyt.edu.mx.

## ¿QUÉ ES UNA VIGILANCIA TECNOLÓGICA?

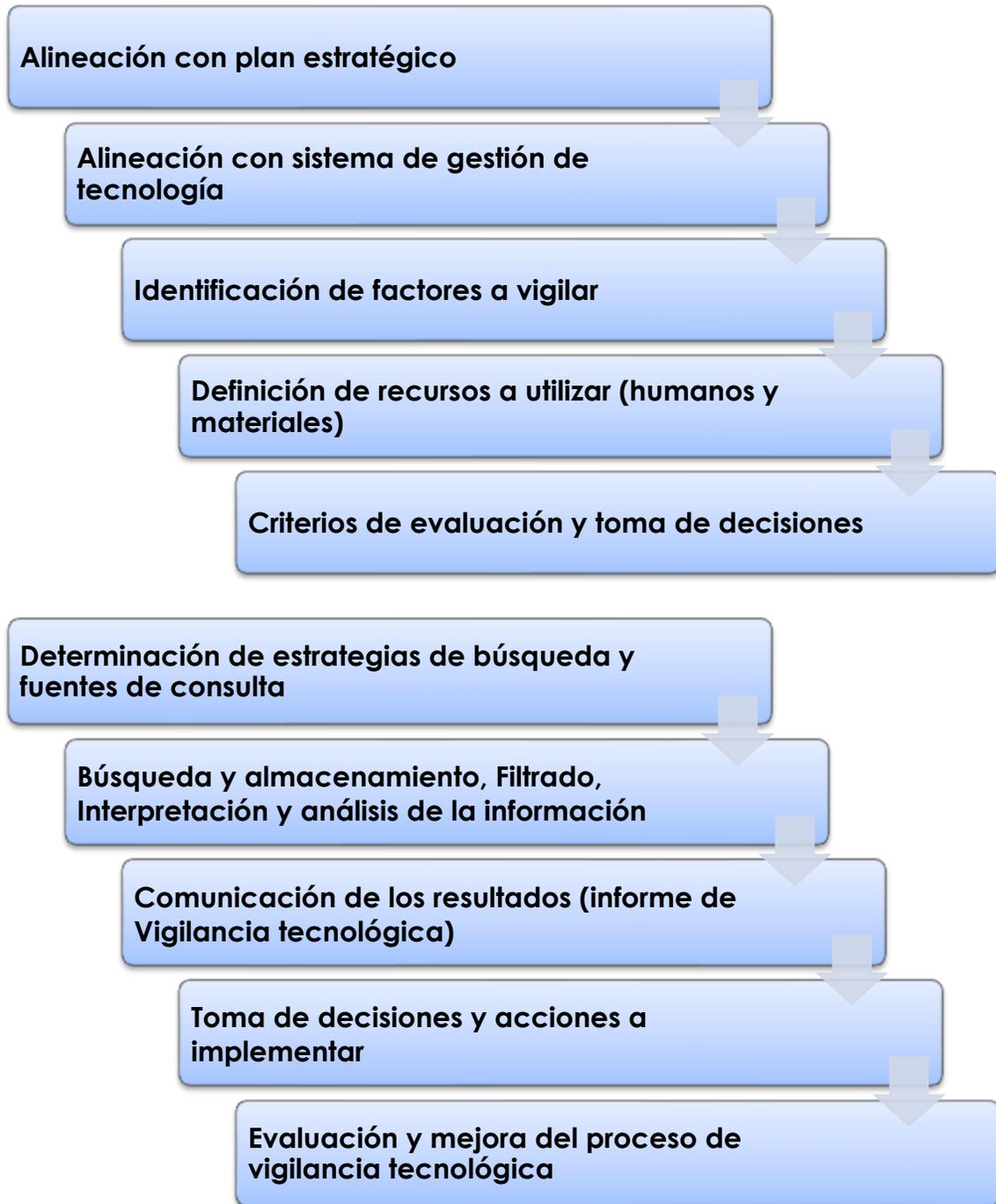
La vigilancia tecnológica es un estudio que puede ser de gran ayuda al momento de la toma de decisiones en una empresa sobre desarrollo de proyectos, inversiones, etc., en el ámbito de la tecnología, porque permite conocer:

- Las dinámicas sectoriales de investigación y desarrollo,
- Las dinámicas de apropiación en diferentes empresas en diferentes áreas tecnológicas
- Las dinámicas sectoriales de colaboración para el desarrollo tecnológico
- Las dinámicas sectoriales de desarrollo tecnológico (ciclo de desarrollo tecnológico: fase temprana de investigación, fase de desarrollo técnico, fase de consolidación y la fase de obsolescencia tecnológica)
- Las tecnologías que se está investigando (publicando o patentando) en una determinada área
- Las soluciones tecnológicas disponibles y las tecnologías emergentes
- Las líneas de investigación y las trayectorias tecnológicas de las principales empresas que compiten en el área
- Las empresas, centros de investigación, equipos y personas líderes en la generación de nuevas tecnologías, capaces de transferir tecnología.

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-GT004IMNC 2010: Es un proceso que tiene como fin *la búsqueda, detección, análisis y comunicación que oriente a los directivos de la empresa en la toma de decisiones sobre oportunidades y amenazas externas en el ámbito de ciencia y tecnología, que permite visualizar diferentes oportunidades, escenarios posibles y tomar decisiones estratégicas para asignar recursos, desarrollar proyectos tecnológicos,*

*innovar y concretar oportunidades de negocio. "NMX-GT004IMNC 2010 y la cual se propone que se realice de la siguiente forma (Figura 11)*

**Figura 11 Proceso de Vigilancia tecnológica según NMX-GT004IMNC 2010**



## Metodología

El procedimiento de Vigilancia tecnológica que realizamos en el presente estudio consiste en:

- a) Definir los objetivos, alcances y tipo de resultados requeridos para evaluar la factibilidad y pertinencia del proyecto científico-tecnológico a desarrollar;
- b) Generar una búsqueda de patentes y solicitudes de patente a nivel global a través de la consulta de una base de patentes privada, y generar una búsqueda de patentes y solicitudes de patente en México a través de la consulta de la base de datos SIGA del IMPI;
- c) Filtrar con metodologías de datamining los resultados identificados por búsqueda booleana en la base de datos de patentes hasta quedarse con los resultados relevantes al tema; (filtrado1)
- d) Filtrar con manualmente los resultados identificados por la búsqueda booleana en la base de datos de patentes y filtradas por metodologías de datamining y bibliometrics hasta quedarse con los resultados directamente relevantes al tema (filtrado 2)
- e) Analizar las bases de datos resultante con herramientas de bibliometrics para encontrar las frecuencias de las características de los documentos de patente a lo largo del tiempo en las soluciones similares del estado de la técnica
- f) Analizar las bases de datos resultante por datamining micro (a través de la lectura y análisis de cada documento) para encontrar la frecuencia, acumulación, pérdida o integración de características técnicas a lo largo del tiempo en las soluciones similares del estado de la técnica;
- g) Desarrollar recomendaciones técnicas *ex-ante* para el desarrollo del proyecto sobre:

- a. Las dinámicas de apropiación de diferentes empresas e instituciones académicas en diferentes áreas tecnológicas, sus colaboraciones para el desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología,
- b. El encuentro de configuraciones técnicas ya reportadas en el estado de la técnica,
- c. El encuentro de áreas de oportunidad, novedosas ante el estado de la técnica, para el desarrollo tecnológico,

Para entender el tipo de respuestas que brinda una vigilancia tecnológica de patentes, es necesario entender el racional detrás de este tipo de documentos. A continuación se muestra una breve descripción de las estrategias de uso de las patentes.

### **Protección de tecnología por patentes y estrategias de uso**

En las últimas 4 décadas, las patentes se han convertido en un activo cada vez más importante para los países y las empresas. Se utiliza como un indicador macroeconómico de la capacidad de asimilar, crear y aplicar conocimiento técnico para la solución de problemas, lo que algunos inversionistas identifican como parte fundamental de la capacidad de innovar: crear soluciones, productos y procesos de mayor valor agregado. Por ello, se argumenta que es mayor la probabilidad de que la institución (gobierno o empresa), logre generar soluciones a las necesidades que se le presenten, fortaleciendo los procesos de reducción de costos y la generación de nuevos productos con mayor retorno de inversión, lo que se traduce en mejor calidad de vida y mayores ganancias.

Las empresas han incrementado el uso de las patentes en la medida que la competencia tecnológica internacional se ha vuelto más intensa y que las empresas que las utilizan han incrementado el retorno sobre el capital invertido. Esta "moda" ya afecta a todas las actividades económicas,

desde los llamados sectores de alta tecnología (telecomunicaciones, tecnologías de la información, farmacia, etc.) hasta los sectores de “baja tecnología” como la producción de alimentos y commodities.

La patente brinda la posibilidad de ejecutar monopolios temporales (20 años a partir de su solicitud) en el uso de una tecnología (producto o proceso), en el país donde se solicita; lo que le otorga al innovador la oportunidad de obtener ganancias extraordinarias por impedir que otros usen la tecnología, por la posibilidad de incrementar la colaboración e intercambio tecnológico y/o, por la comercialización monopólica de la misma.

Por el otro lado, el sistema internacional de la protección de la propiedad industrial fue revolucionado con la firma del Agreement on Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPS), bajo el auspicio de la Organización mundial de comercio (WTO), en 1994. Este acuerdo, marca un mínimo a los lineamientos de protección, enforcement y resolución de disputas sobre la protección de la propiedad intelectual de los miembros de la WTO, lo cual brinda un marco jurídico internacional más claro sobre la apropiación, respeto y resolución jurídica sobre las disputas de propiedad intelectual e industrial.

El nuevo marco jurídico internacional llevó a cambios importantes en las legislaciones locales de los países miembros de la WTO, y aunque hay diferencias de interpretación sobre los mínimos impuestos por los TRIPS, la mayoría de los países del mundo elevaron sus estándares, así, la protección de la propiedad intelectual ha sido fortalecida de forma importante. Estos cambios en la legislación internacional, produjeron un gran aumento en la cantidad de solicitudes de derechos de propiedad intelectual en muchos países del mundo.

El racional o los supuestos más importantes que se han argumentado sobre buscar la protección tecnológica en países definidos a través de alguna figura de la propiedad industrial (patentes, modelos de utilidad, etc.), se basan en que existen, o se prevé existirán, condiciones y empresas que podrían utilizar la tecnología a proteger y, que hay, o habrá, condiciones de ejercer estos derechos de propiedad en dicho país. Dentro de este racional la patente se puede utilizar como medio para:

- a) impedir que otros usen la tecnología y como un medio de venta monopólica, a la cual solo podrán acceder mediante un acuerdo con el poseedor de la propiedad intelectual (espada).
- b) evitar litigios al ser el poseedor de la patente demuestra que fue el desarrollador de ella y tiene derecho de utilizarla (escudo).
- c) como una herramienta de negociación (moneda de cambio), ya que puede:
  - i. Fomentar la colaboración para el desarrollo de proyectos, R&D, co-inversiones y joint-ventures,
  - ii. Ser incluida en negociaciones con otras empresas, como un activo a transferir o recibir (por lo que forman una parte importante de las negociaciones de adquisiciones y fusiones),
  - iii. Ser intercambiada por tecnologías de otras empresas (cross-licencing)
  - iv. Ser incluida como activo en los estados financieros de la empresa, lo que incrementa su valor ante los inversionistas (la demostración de un pipeline de R&D, patentes, etc., es semejante a los acuerdos de acuerdos de ventas potenciales a futuro de producto y la cartera de clientes de una empresa)

La institución con cada patente, además de poder denominarlas como “escudos, espadas y/o monedas de cambio”, dependiendo la calidad de la patente y/o el territorio donde se desea ejercer el derecho de propiedad también pueden tener denominaciones semejantes a las divisiones de un ejército y, que al utilizarlas en conjunto, puede implicar la aplicación de tácticas de guerra, utilizando a las patentes como “armas” o “ejércitos” en áreas estratégicas del desarrollo tecnológico. Por ejemplo, muchas empresas utilizan las tácticas “blitz”, en las que solicitan una serie de patentes en un tiempo corto para proteger un núcleo tecnológico rápidamente. Esta táctica, cuando es muy intensa, se le llama “flooding”, donde la empresa busca patentar todas las versiones posibles-disponibles en un campo técnico específico e “inunda” el campo tecnológico, dejando poco margen a terceros para inventar y proteger en dicho campo (muy utilizada en farmacéutica, química, materiales avanzados, electrónicos, telefonía celular, etc.) (Knight, 2000)

Además de la estrategia y las tácticas, el “campo de batalla” es definitivo para la decisión de cada empresa que busca realizar una acción con una o un grupo de patentes: La empresa que solicita patentes en cierto país, requiere que el gobierno de ese país permita ejercer el derecho de patente (infringement). Los países con mayor nivel de infringement coinciden con aquellos con mayor PIB per cápita, disminuye rápidamente en países en desarrollo y vuelve a incrementarse en países en extrema pobreza. (Maskus, 2000) El número de patentes solicitadas en países con mejor “infringement” es mucho mayor que el solicitado en países donde es menos posible ejercer los derechos sobre este tipo de propiedades intangibles. Por ello, en países con un bajo nivel de infringement, muchas empresas solamente solicitan patentes en algunas “posiciones”, ya sea por su carácter estratégico, que sean muy defendibles jurídicamente, que impliquen una futura situación positiva importante, etc. Para el sector minero, esto quiere decir que la

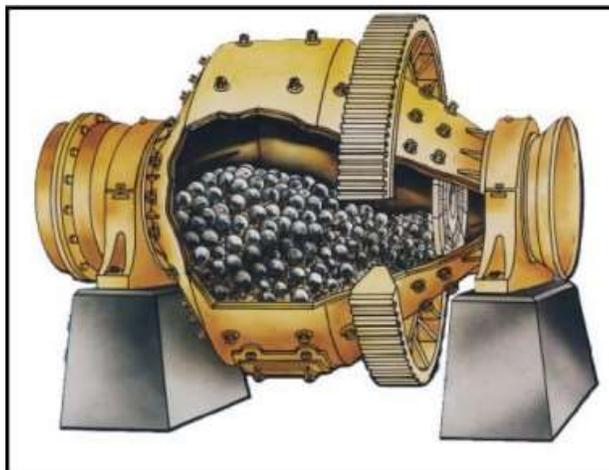
protección por patentes debería incrementar en países que:

- a) Son o podrían ser económicamente viables para su explotación masiva, la tecnología es aplicable y podría generar beneficios a quien la adopte, imite o desarrolle;
- b) Existen, o se prevé existirán, las condiciones de mercado para que el producto o proceso quisiera ser desarrollado, imitado o explotado comercialmente por otras empresas,
- c) Tienen, tendrán o podrían tener, un sistema de infringement para poder defender las posiciones protegidas por las patentes.

## INTRODUCCIÓN TÉCNICA

### MOLINO DE BOLAS

Un molino de bolas es un aparato o equipo que se emplea para llevar a cabo la molienda de materiales, dentro de un proceso.



#### Reducción de tamaño

Dentro de la minería, la etapa de reducción de tamaño es muy importante, debido a que es el paso previo a la etapa de beneficio<sup>2</sup>.

La etapa de reducción de tamaño consiste en llevar el material proveniente de la mina a un tamaño manejable adecuado para el proceso. Generalmente, esta etapa de reducción de tamaño se divide en 2 partes:

- Quebrado
- Molienda

---

<sup>2</sup> La etapa de beneficio consiste en procesos mediante los cuales se concentra el mineral de valor.

El proceso de quebrado consiste en reducir el tamaño de la piedra, extraída de la mina, a un tamaño tal que pueda ser introducida en el molino.

Existe una amplia variedad de equipos para la reducción de tamaño. Las principales razones de la falta de estandarización, se debe a la amplia gama de sustancias que se pueden triturar y las calidades requeridas para el producto final.

Los equipos se pueden clasificar de diferentes maneras; por ejemplo de acuerdo a la forma en que las fuerzas se aplican:

<b>Mecanismos de aplicación de fuerza</b>	<b>Entre 2 superficies sólidas</b>	Trituración
		Desgarramiento
		Cizalladura
	<b>Impacto</b>	Sobre una superficie sólida
		Entre partículas
	<b>Por acción del medio circundante</b>	
	<b>Energía no mecánica</b>	Choque térmico
		Fragmentación explosiva
		Electrohidráulica

De acuerdo a estos principios de funcionamiento, existen diferentes tipos de equipo disponibles para diferentes materiales, que se pueden clasificar de la siguiente manera:

## Quebradoras

- De quijadas
  - Blake
  - Excéntrica superior
- De rodillos
  - Lisos (Dobles)
  - Dentados
  - Prensos

## Trituradoras Giratorias

- Primarias
- Secundarias
- De Cono

## Desmenuzadores

- Dentados
- Desintegradores de Jaulas
- Molinos de disco

## De Impacto

- Rompedoras de rotor
- De martillos
- Impactor de Jaula

## De bandejas secas

## De Fileteado

## Con Medios de Molienda

- Por Cargas o Continuos
  - Bolas
  - Piedras
  - Varillas
- Autógenos
- Agitados
- Vibratorios

## De Velocidad periférica media

- De anillo y rodillos
- De taza
- De rodillos
  - Cereal
  - Pintura
  - Caucho
- De piedras

## De alta velocidad periférica

- De martillos
- De Clavijas
- De coloides
- Batidoras de pulpa de madera

## Hidráulicos superfinos

- De chorro
  - Centrifugo
  - Opuesto
- Con yunque
- De lecho fluidizado

## Molinos de volteo

Los molinos de bolas, de piedras, de varillas, y de compartimientos tienen una carcasa cónica o cilíndrica que gira sobre un eje horizontal, y se cargan con un medio de molienda, por ejemplo, bolas de acero, pedernal o porcelana, o bien con varillas de acero.



Bolas de acero



Bolas de porcelana

El molino de bolas difiere del de varillas en que es de longitud más corta y, por regla general, dicha longitud no es muy distinta a su diámetro. La alimentación a los molinos de bolas puede ser de 1 a 1 ½ pulgada para materiales muy frágiles, aunque por lo general el tamaño máximo es de 1 ½ pulgada. La mayor parte de los molinos de bolas operan con una razón de reducción de 20:1 a 200:1. El tamaño usual de las bolas más grandes es de 5 pulgadas de diámetro.

El tipo común de este tipo de molinos por cargas consta de una carcasa cilíndrica de acero con cabezas de acero embridadas. La longitud del molino es igual al diámetro o menor que este. La abertura de descarga se localiza generalmente en el lado opuesto de la abertura de carga, y cuando se trata de moliendas en húmedo, cuenta casi siempre con una válvula.

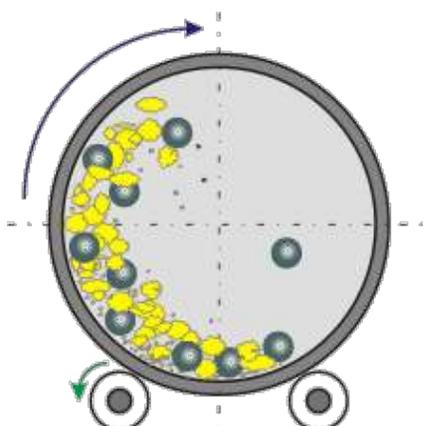


Los molinos de bolas tienen usualmente recubrimientos que se reemplazan cuando se desgastan. Estos recubrimientos pueden tener una acción desviadora, debido a una forma ondulada o porque cuentan con inserciones de elevadores, que ajustan la carga de la bola con la cubierta y evitan la pérdida de velocidad por deslizamiento. El consumo de energía en un molino liso depende de una forma compleja de las condiciones de operación, como la viscosidad del material alimentado, en tanto que es más predecible en un molino con elevadores.

Cuando se introducen barras elevadoras en un molino de bolas con recubrimiento liso el rendimiento de producción del material de -75 micras aumenta en un 8 por 100 y la potencia por tonelada descendió en un 34 por 100.

### Operación

Se dice que los medios de molienda efectúan movimientos de cascada y catarata. El primero de ellos se aplica al rodado de las bolas o piedras desde la parte superior hacia la base del montón, y el segundo al lanzamiento de bolas por el aire hasta la punta del montón.



**Figura 12 Vista interior de un molino en movimiento**

Los factores principales que determinan el tamaño de las bolas de molienda son la finura del material que se está pulverizando y el coste del mantenimiento para la carga de las bolas. Cualquier material grueso alimentado requiere una bola mayor que una alimentación de menor tamaño.

La necesidad de una distribución calculada según el tamaño de las bolas es una cuestión que no se ha aclarado aun por completo; sin

embargo se han propuesto métodos para calcular una carga de bolas racional. El tamaño óptimo recomendado para el vástago y las bolas es:

$$D_b = \sqrt{\frac{X_i E_i}{K n_r}} \sqrt{\frac{\rho_s}{\sqrt{D}}}$$

Donde  $D_b$  es el diámetro de la varilla o de la bola en cm (pulgadas),  $D$  es el diámetro del molino en metros (pies);  $E_i$  es el índice de trabajo del material alimentado;  $K$  es una constante que vale 143 para molinos de bolas si están en cm y metros, y de 200 cuando se emplea el sistema inglés. Esta ecuación da buenos resultados en molinos productivos, pero no en molinos de laboratorio.

Los molinos de volteo o tambor pueden funcionar en un circuito cerrado normal, o bien en una disposición inversa, en donde la alimentación pasa por el clasificador antes de entrar al molino.

La carga del medio de molienda se expresa en función del porcentaje de volumen del molino ocupado por el medio de molienda; por ejemplo, un volumen másico de bolas que llenan un molino hasta la mitad es una carga de bolas del 50 por 100. Puesto que el medio se expande conforme gira el molino, el volumen real de funcionamiento se desconoce.

### **Molienda en seco frente a molienda en húmedo**

La molienda se puede llevar a cabo de dos maneras:

- Vía Seca
- Vía Húmeda

Algunos dispositivos, como los molinos de bolas, pueden ser alimentados por lodos o alimentaciones secas. En la práctica, se ha observado que se pueden lograr partículas más finas por vía húmeda que por vía seca. La elección entre la molienda por vía seca y por vía húmeda se determina

generalmente, de acuerdo a las características deseadas para el producto final. Si la presencia de líquido en el producto final no representa un problema, o si la alimentación está mojada o húmeda, generalmente se prefiere la molienda en húmedo a la molienda en seco, aunque el consumo eléctrico, desgaste del recubrimiento y costes del capital son los que finalmente determinan la elección.

Otros factores con influencia son la operación del correspondiente secado o las etapas de clasificación en húmedo, el coste del secado y la capacidad de las etapas posteriores para manejar un producto húmedo.

La producción neta en una molienda vía húmeda, en el test de molturabilidad de Bond, varía entre 145 al 200 por 100 de la conseguida en la molienda en seco, dependiendo del tamiz. Los molinos de bolas tienen un campo de aplicación superior con la molienda en húmedo en circuitos cerrados con clasificadores, ya que estos también operan mejor por la vía húmeda.

En el molino de bolas por vía húmeda, la velocidad de molienda se incrementa en humedad del 70 por 100 en peso (35 por 100 en volumen) debido a la reología de la pulpa. El examen de las marcas de estrías indica que la mayor parte de la rotura se debe al impacto de las bolas sobre las partículas en vez de por la abrasión.

Las propiedades reológicas de la suspensión afectan el comportamiento de los molinos de bolas durante la molienda. La reología depende del contenido en sólidos, del tamaño de partícula, y de las propiedades químicas del mineral.

Un lodo mineral con hasta un 50 por 100 en sólidos por unidad de volumen tiene comportamiento dilatante, es decir que el esfuerzo de corte se incrementa en mayor medida que la proporcional a la velocidad de corte. Por encima del 50 por 100, se comporta como pseudoplástico, es decir,

que tiene un valor crítico, la velocidad de molienda se reduce, y esto se cree debido a la adhesión entre el medio de molienda y la carcasa del molino a causa del centrifugado.

### **Eficiencias del molino**

Los factores de control que regulan la eficiencia de molienda de minerales en molinos cilíndricos son:

1. La velocidad del molino afecta la capacidad, así como al desgaste del recubrimiento y de las bolas, en una proporción directa hasta el 65-75 por 100 de la velocidad crítica.
2. Una carga de bolas equivalente al 35-50 por 100 del volumen del molino proporciona la máxima capacidad.
3. Las bolas del menor tamaño, pero capaces de moler el material alimentado, proporcionan una eficiencia máxima.
4. Los elevadores son esenciales para que las operaciones se realicen con suavidad.
5. El relleno óptimo de material se produce cuando su volumen iguala al espacio vacío entre las bolas de molienda.
6. Cargas circulantes mayores tienden a aumentar la producción y reducir la cantidad de material fino no deseable.
7. La descarga de bajo nivel o rejilla, junto a la recirculación de material proveniente de un clasificador, tienden a incrementar la capacidad de molienda en comparación con la descarga por el centro o por rebosamiento, aunque el desgaste del revestimiento, la rejilla y los medios es mayor.
8. Las razones de sólidos a líquidos en el molino deben estudiarse basándose en la reología de la suspensión.

## Capacidad y consumo de energía

Para poder determinar las dimensiones de un molino, es necesario considerar el tamaño de la partícula del material a la que se desea llegar, ya que, se relaciona con la cantidad de energía gastada, por lo tanto, la energía aplicada a un molino de bolas está determinada en primer lugar por el tamaño del molino y la carga de las bolas.

Consideraciones teóricas muestran que la potencia neta para manejar un molino de bolas es proporcional a  $D^{2.5}$ , pero este exponente puede ser usado para comparar dos molinos que operan en condiciones similares. La potencia requerida para manejar un molino de bolas es:

$$E = [(1.64L - 1)K + 1][(1.64D)^{2.5}E_2]$$

Donde L es la longitud interior del molino en metros, D es el diámetro promedio de las bolas en metros,  $E_2$  es la potencia neta empleada por un molino de laboratorio de 0.6x0.6 metros bajo condiciones de operación similares, y K es 0.9 para molinos de menos de 1.5 de largo, y K es 0.85 para molinos de más de 1.5 m de largo.

Esta ecuación puede ser empleada para escalar molinos de planta piloto donde el diámetro y la longitud del molino cambian, pero el tamaño de las bolas y la fracción de carga por volumen permanece constante.



## Selección del molino

La selección de una unidad de molienda de bolas o de varillas se basa en experimentos realizados en planta piloto, y el escalado se basa en que la producción es proporcional a la potencia de entrada. Cuando no se pueden realizar este tipo de experimentos, se pueden tomar los datos publicados para tipos de materiales similares, expresados en términos de molturabilidad o requerimientos energéticos. Los nuevos procedimientos para realizar el escalado de los molinos y para determinar las condiciones óptimas de operación para los circuitos, se basan en resolver mediante ordenador las ecuaciones de molienda con valores para la velocidad y funciones de rotura determinadas en plantas piloto o a escala industrial.

### Tipos de Molienda: Fractura vs. Desaglomeración

Hay dos tipos primarios de reducción de tamaño que ocurren en un equipo de molienda:

- **Desaglomeración**
  - Un agregado de partículas más pequeñas (generalmente de estructura fractal) es reducida rompiendo los núcleos, o el agregado principal, sin romper ninguna de las partículas primarias que forman el agregado.
- **Fractura de la partícula**
  - Las partículas individuales se rompen más que simplemente separándose en partículas individuales.

## Energía requerida y escalamiento

### a. Leyes de energía

La fractura mecánica se expresa como una falla de los materiales en términos de tensión y resistencia a romperse, y en términos de falla de energía. Debido a la dificultad para calcular las tensiones en partículas en aparatos de molienda, muchos teóricos han confiado en teorías basadas en energía para relacionar el rendimiento de los equipos de molienda con las propiedades del material que se va a moler.

En estos casos, la energía requerida para romper un grupo de partículas puede ser estimada sin hacer detalladas suposiciones acerca del estado de tensión exacto de las partículas, pero se prefiere calcular la energía requerida para crear una superficie de área fresca con una gran variedad de suposiciones.

Una gran variedad de leyes de energía han sido propuestas. Estas leyes se resumen en una ecuación diferencial general:

$$dE = -C \frac{dX}{X^n}$$

Donde E es el trabajo realizado, X es el tamaño de partícula, y C y n son constantes.

Para n=1, la solución es la ley de Kick, que puede ser escrita como:

$$E = C \log \left( \frac{X_F}{X_P} \right)$$

Donde  $X_F$  es el tamaño de partícula de alimentación, y  $X_P$  es el tamaño de partícula del producto, y  $X_F/X_P$  es el radio de reducción.

Para n>1 la solución es:

$$E = \left( \frac{C}{n-1} \right) \left( \frac{1}{X_P^n - 1} - \frac{1}{X_F^n - 1} \right)$$

Para  $n=2$ , se convierte en la ley de Rittinger, que establece que la energía es proporcional a la nueva superficie producida.

La ley de Bond corresponde al caso en el que  $n=1.5$ :

$$E = 100E_i \left( \frac{1}{\sqrt{X_P}} - \frac{1}{\sqrt{X_F}} \right)$$

Donde  $E_i$  es el índice de trabajo de Bond, o trabajo requerido para reducir una unidad de peso a un tamaño teórico infinito de 80% pasando los 100 $\mu$ m. Datos más extensos de este índice de trabajo, han hecho de esta, una ley muy útil para dimensionar molinos, especialmente molinos de bolas.

El índice de trabajo puede encontrarse en tablas, o bien calcularse de manera experimental. Algunas reglas para extrapolar el índice de trabajo para escalarlo a diferentes condiciones refieren que el índice debe ser incrementado en un factor de 1.34 por encima del calculado en molienda húmeda; para circuitos abiertos se requiere otro factor de 1.34 sobre el calculado en un circuito cerrado; si el tamaño del producto es extrapolado más allá de 70  $\mu$ m, se emplea un factor de corrección adicional:

$$\frac{10.3 + X_P}{1.145X_P}$$

Las leyes de energía no han sido probadas con éxito en la práctica, probablemente porque solo una pequeña cantidad de energía empleada en equipos de molienda actualmente se utiliza para romper el material.

Una gran cantidad de energía en un molino se pierde como calor y ruido, o simplemente se emplea para mover el material en el dispositivo. A pesar de que se han hecho pocos estudios sistemáticos, se sabe que el 5% (en ocasiones menos) de la energía de un molino es empleada para romper el material. La mayoría de la energía remanente es eventualmente convertida en calor por fricción, que calienta el producto y el molino.

La eficiencia del molino puede ser juzgada en términos de energía suministrada al equipo comparada con el tamaño de partícula logrado para cierto material. En general los equipos más eficientes tienden a tener componentes mecánicos grandes y pesados que pueden causar gran daño al equipo en sí, cuando se mueven, lo cual aumenta el costo para la misma capacidad, además su mantenimiento es más complicado a comparación de los equipos pequeños de altas velocidades.

### **b. Tamaño límite de partícula**

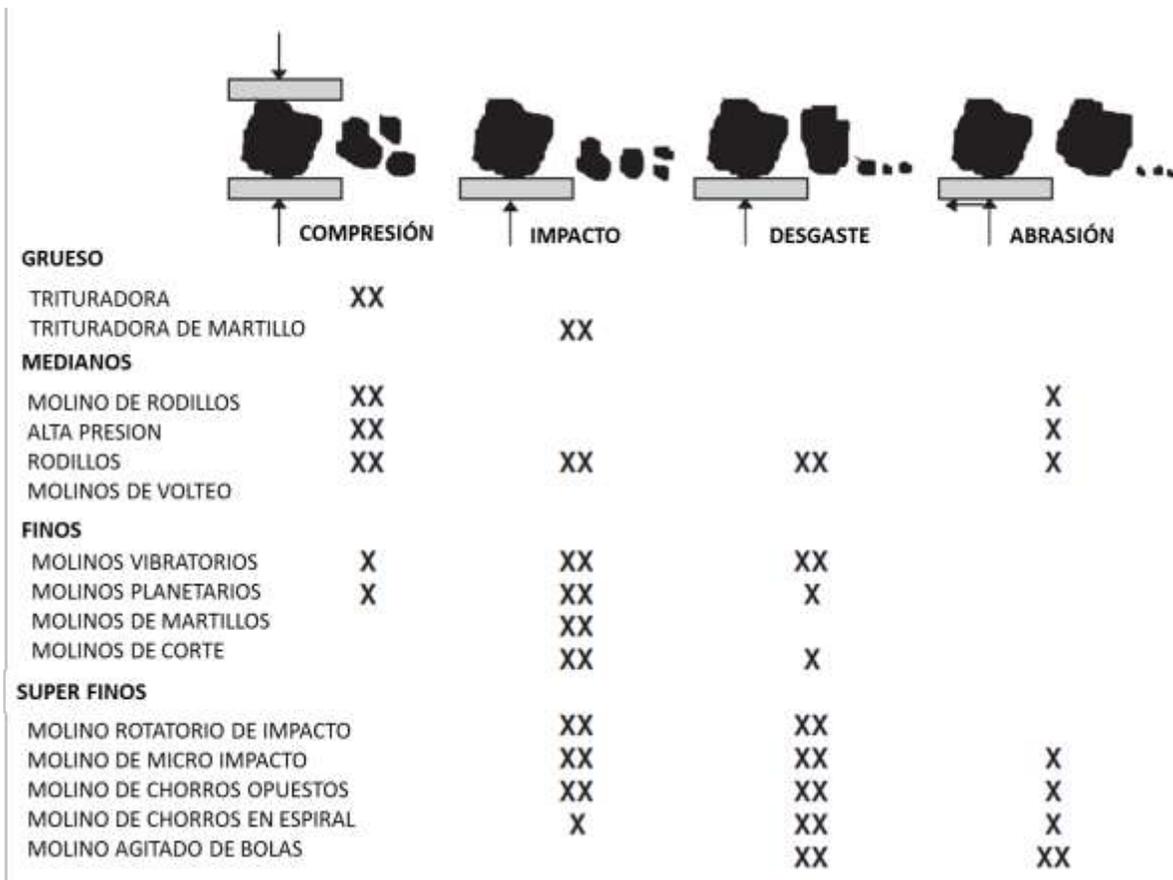
Es una cuestión importante saber cuál es el límite de reducción de tamaño, ya que es evidente que mediante molienda no se puede continuar hasta llegar a un nivel molecular. Sin embargo, resultados recientes sugieren que los molinos de medios agitados son capaces de alcanzar



tamaños de partícula de hasta 100 nm, mucho más fino que los límites predichos. Los requerimientos energéticos para lograr estos tamaños son muy altos por unidad de volumen.

### **c. Tipos de rompimiento y molienda**

Diferentes materiales tienen mayor o menor facilidad de ser molidos. En general, los materiales suaves y quebradizos son más fáciles de moler que los materiales duros o dúctiles. También, los diferentes equipos de molienda aplican diferentes fuerzas en diferentes sentidos.



**Figura 13 Tipos de rompimiento en diferentes tipos de equipos industriales**

### Escalamiento y control de un circuito de molienda

#### a. Escalamiento basado en energía

Debido a que los molinos grandes son usualmente dimensionados a base de proyectos energéticos, es apropiado escalarlos o convertir de un proceso de lote a un proceso continuo mediante la siguiente ecuación:

$$S(X)_{cont} = S(X)_{batch} \frac{\left(\frac{W_T}{KW}\right)_{batch}}{\left(\frac{W_T}{KW}\right)_{cont}}$$

Normalmente  $W_T$  no es conocida para molinos continuos, pero puede ser determinada mediante la ecuación:

$$W_T = t_e Q$$

Donde  $t_e$  es determinada por una medición con indicadores. Esta ecuación será válida si el valor del tiempo de retardo  $W_T$  es geométricamente similar en dos molinos, o si las condiciones de operación están en el rango en el cual el total de producción es independiente del tiempo de retardo. Estudios cinéticos de un molino indican que hay un rango de tiempo de retardo en el cual esto se cumple.

### **b. El rol de la molienda a nivel industrial**

Las operaciones de molienda son críticas para muchas industrias, incluyendo la minería, la manufactura de cemento, el procesamiento de alimentos, procesos agrícolas, y muchas industrias químicas. Casi cada material sólido pasa por una reducción de tamaño en algún punto de su procesamiento.

Algunas de las razones para llevar a cabo una reducción de tamaño son para liberar algún componente deseado para una separación subsecuente, como por ejemplo separar el mineral de valor de la ganga.

### **Molienda autógena**

Es aquella donde el medio de molienda (como las bolas) es reemplazado con grandes rocas del mismo material que el producto. Esta práctica se está volviendo popular en la industria de minerales. En muchos casos, se sigue empleando molienda semiautógena, donde aún se carga una pequeña cantidad de bolas adicional a las rocas. La ventaja de la molienda autógena es la reducción de costos en cuanto a desgaste de las bolas, pero los costos de energía son hasta 25% mayores, debido a que el medio es irregular y mucho menos efectivo a comparación con la molienda con bolas.

La molienda autógena de menas de hierro y cobre ha tenido una gran aceptación; cuando tiene éxito, este método resulta económico debido a la eliminación del desgaste del medio de molienda. Probablemente otra

<p><b>Cereales y Vegetales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Harinas</li> <li>• Pastas</li> <li>• Almidones</li> </ul>
<p><b>Minerales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quebrado</li> <li>• Molienda</li> </ul>
<p><b>Fertilizantes y Fosfatos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fosfatos</li> <li>• Sales inorgánicas</li> <li>• Escoria</li> </ul>
<p><b>Cemento, Caliza, y Yeso</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cemento Portland</li> <li>• Cemento             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedo</li> <li>• Seco</li> </ul> </li> <li>• Caliza</li> <li>• Yeso</li> </ul>
<p><b>Carbono</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbon</li> <li>• Coque</li> <li>• Carbon Bituminoso</li> <li>• Antracita</li> <li>• Grafito</li> </ul>
<p><b>Químicos, Pigmentos, y Jabones</b></p>
<p><b>Polímeros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gomas y Resinas</li> <li>• Plásticos</li> <li>• Polvos</li> </ul>
<p><b>Material Farmaceutico</b></p>
<p><b>Tratamiento de desechos</b></p>
<p><b>Materiales Biologicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disrupcion celular</li> </ul>

**Tabla 2. Algunos usos industriales de los molinos de bolas**

razón para la eficiencia es el uso de cargas circulantes y una mejor clasificación. Estas mejoras resultan de la necesidad de usar molinos de diámetros mayores para obtener una molienda con un medio rocoso que tiene menor densidad que las bolas de acero.

La mayor dificultad radica en el arreglo de los circuitos de quebrado que aseguren un adecuado suministro de rocas grandes que sirvan de medio de molienda. Para resolver este problema con este tipo de minerales se emplean molinos semiautógenos.

### **Tipos de circuitos de molienda**

Un circuito de molienda típico tiene 3 etapas de quebradoras giratorias, seguidas de un molino de varillas vía húmeda, continuado por un molino de bolas. Esta combinación tiene mucha eficiencia energética, y consume menos acero, pero requiere altos costos de inversión, debido a que las varillas están limitadas a cierta longitud.

Algunas variaciones existentes en este tipo de circuitos incluyen quebradores similares seguidas por uno o dos etapas de grandes molinos de bolas, o una etapa de quebrado, en una quebradora giratoria seguida por un molino de bolas semiautógeno, continuando una segunda etapa de molienda autógena o de bolas.

Los circuitos con grandes molinos de bolas representan costos más altos de energía y desgaste de las bolas. Molinos más grandes están cada vez más disponibles, y algunas veces son empleadas en las etapas finales de reducción de tamaño para productos finos.





## VIGILANCIA TECNOLÓGICA

### OBJETIVO

Identificar y analizar el estado del arte sobre molinos de bolas; a través de

- Desarrollar bases de datos de patentes a partir de bases de patentes públicas (USPTO, EPO, Espacenet, IMPI) y filtrar su contenido dejando sólo documentos relevantes a molinos de bolas,
- Analizar las diferentes bases de datos, para identificar las tendencias tecnológicas a través de análisis bibliométrico y análisis de trayectorias tecnológicas.
- Analizar la base de datos de patentes Mexicanas, para identificar las tecnologías protegidas en México y los actores preponderantes.

Cabe señalar que la presentación de los resultados se realiza de lo general a lo particular, buscando describir la situación de desarrollo tecnológico y apropiación de tecnología sobre molinos de bolas.

### Búsquedas de patentes temáticas y específicas

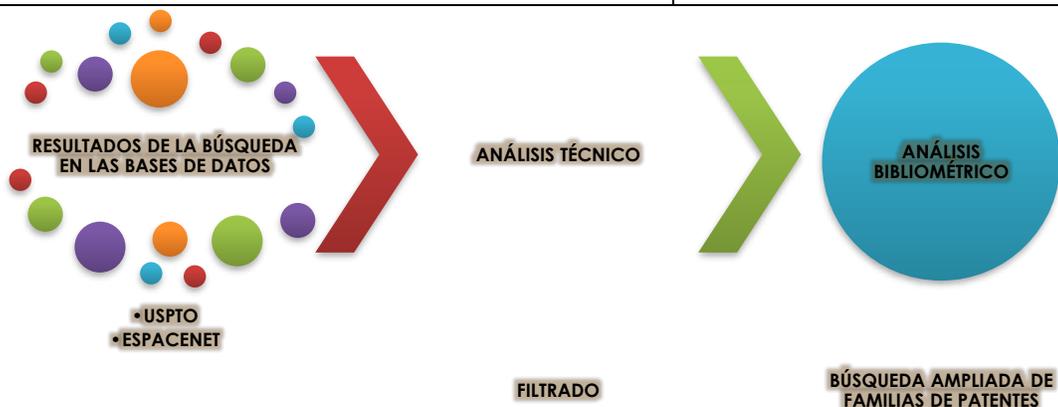
Para llevar a cabo el análisis técnico de la presente vigilancia, se conformó una base de datos de 5916 patentes y solicitudes de patente relacionadas a molinos de bolas; dicha base de datos se conformó a partir de diferentes búsquedas para abarcar una mayor cobertura, seleccionando palabras clave adecuadas para acotar la búsqueda. Los criterios clave fueron ball mill, ball milling, ball grinding, ball grinder, ore y mining. Se intentó con el criterio de mineral breaker, pero los resultados se extrapolaban hacia quebradoras, es por eso que se decidió limitar la búsqueda a molinos, y reductores de tamaño (grinders).

Las 5916 patentes y solicitudes de patente fueron leídas y analizadas una por una. Se filtró de forma que se eliminaron aquellas patentes que no

están directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc). La selección de los documentos relevantes para el objetivo de la presente vigilancia se llevó a cabo mediante el análisis técnico. Dicho análisis técnico consideró únicamente las patentes referentes a una invención relacionada en la tecnología de molinos de bolas, considerando en una categoría aparte aquellos que se refieren a métodos de procesamiento de minerales que involucran una etapa de molienda en molinos de bolas combinada con etapas complementarias como tamizado, flotaciones, o lixiviaciones. Se encontró que 1916 patentes y solicitudes de patente están relacionadas. El resto no tuvieron relevancia para el objetivo de la presente vigilancia. Los resultados obtenidos de la búsqueda se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Tabla 3 Resultados de la búsqueda en la base de datos de patentes.**

Criterio de búsqueda	Resultados
TAC:(( ball mill* OR ball grind*) AND (mining OR ore)) en Patseer, en enero 2016	5916 patentes y solicitudes de patentes
Filtrado por Análisis de contenidos relevantes	1916 patentes y solicitudes de patentes



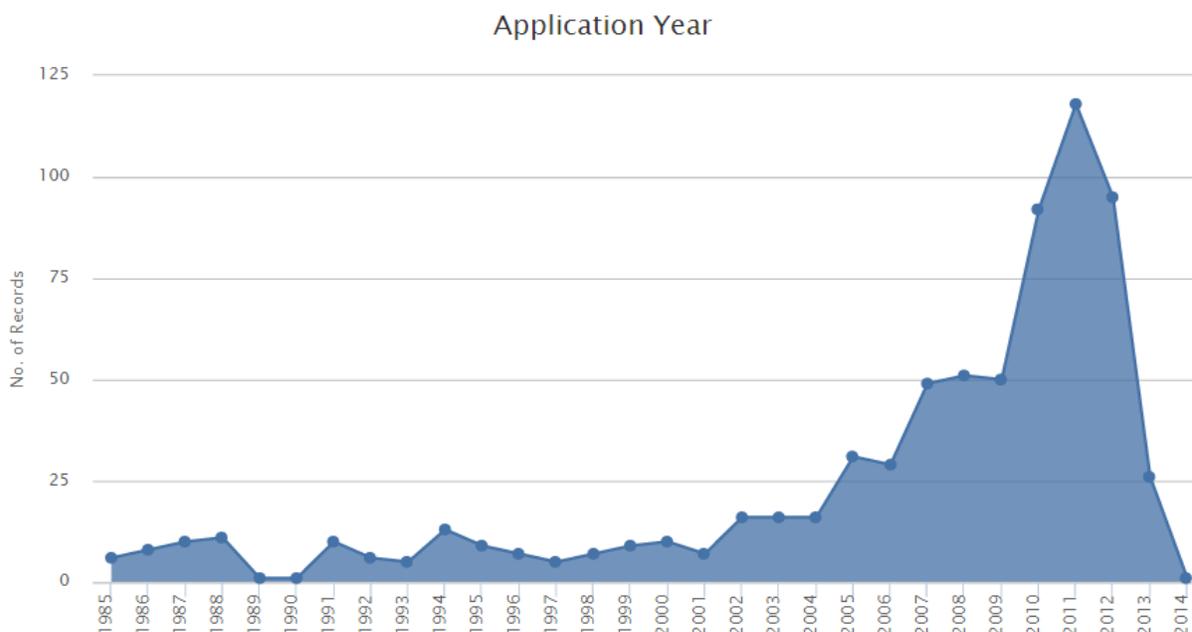
**Figura 14. Procedimiento de búsqueda y filtrado de patentes**

## ANÁLISIS DE PATENTES DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON MOLINOS DE BOLAS

### ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

#### a. ¿Cuándo se han registrado las patentes?

Las 1916 patentes y solicitudes identificadas porque están directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc), se solicitaron entre 1897 y 2015<sup>3</sup>. Entre 1897 y 1964 se solicitaron 83 patentes, mientras que entre 1965 y 2004 se registraron 229 patentes y entre 2005 y 2015 se registraron 1147 patentes. Lo que implica un renovado interés en la optimización de los molinos de bolas y elevar su eficiencia en la última década.



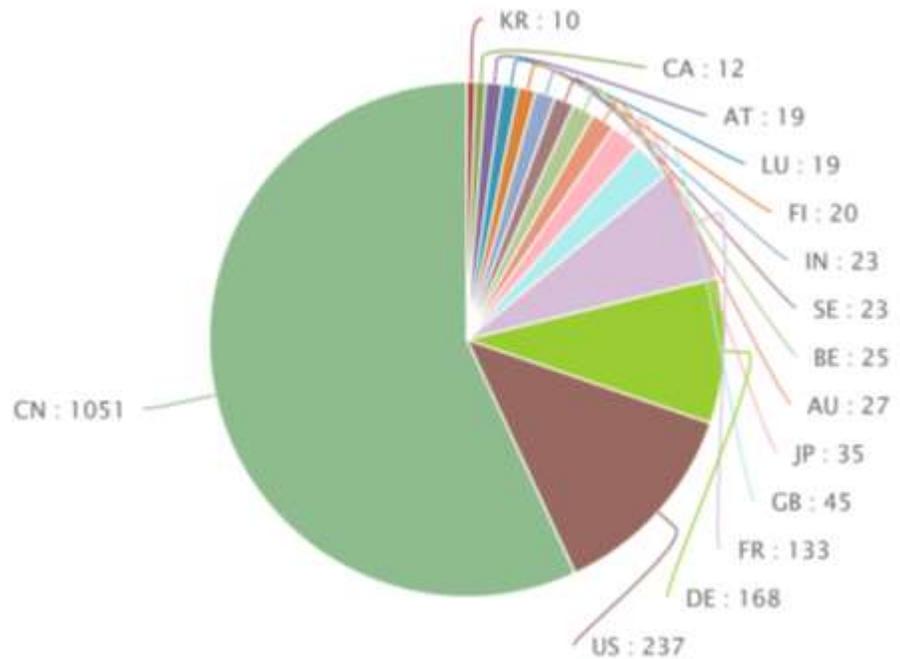
**Figura 15. Patentes por año de solicitud 1986-2014**

<sup>3</sup> Los resultados dependen directamente del avance de cada país en la digitalización y sistemas de acceso a las bases de datos de patentes. Cada país ha vertido cierta cantidad de la información de patentes en los sistemas digitales, sin embargo pocos tienen digitalizadas patentes previas a 1976 así como puede estar incompleto 1976-2014.

**b. ¿Dónde se está inventando la tecnología?**

De las 1916 patentes que identificamos como directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc), la mayoría de las patentes de prioridad fueron registradas en China (1051), US (237), Alemania (168) y Francia (133) y otros mostrados en la figura 6. Cabe recordar que el país de prioridad de las patentes se relaciona con el país de origen de la tecnología, porque generalmente las empresas y las personas registran la primera patente en su país de origen.

Priority Country	#	Total
CN	1051	1051
US	237	237
DE	168	168
FR	133	133
GB	45	45
JP	35	35
AU	27	27
BE	25	25
IN	23	23
SE	23	23
FI	20	20
AT	19	19
LU	19	19
CA	12	12
KR	10	10



**Figura 16. Patentes por país de solicitud de prioridad**

Cabe señalar que entre 1897 y 1986 el país donde más tecnologías relacionadas a los molinos de bolas se patentaron fue Estados Unidos (83) y países Europeos, mientras que en China no había una sola patente en el tema. Entre 1986 y 2015, en Estados Unidos sólo se registraron 237 patentes de prioridad, y 346 en Alemania Francia e Inglaterra, mientras que en China se registraron 1051, lo que implica que la tecnología relacionada a molinos de bolas, en la última década, está siendo principalmente desarrollada en China, mientras que en US y Europa se ha mantenido un moderado o bajo interés en este tipo de tecnología.

Este cambio en el rol de desarrollo tecnológico por parte de China, implica que existe mayor posibilidad de encontrar tecnologías más eficientes, optimizadas, etc., en este país que en el resto del mundo. Por lo que las empresas mineras nacionales que se requiere voltear a Oriente para encontrar mejores oportunidades tecnológicas, que las que normalmente se originaban en US o en Europa.

### **c. ¿Dónde se está protegiendo la tecnología?**

De las 1916 patentes que identificamos como directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc), la mayoría de las patentes fueron registradas y publicadas en China (1094), Estados Unidos (145), Australia (62), Inglaterra (59), Alemania (58), Canadá (46), Solicitudes PCT (12) y Oficina Europea de patentes (10) y otros mostrados en la figura 7.

Cabe señalar que la publicación de patentes en un país, identifica a las patentes nacionales y extranjeras que lograron pasar los trámites administrativos. Por lo que puede observarse que en China se han registrado adecuadamente el 68% de las patentes del mundo relacionados a molinos de bolas y que al menos 12 patentes fueron

Publication Country

◆ #	▼ Total
CN	1077
US	137
AU	63
GB	61
DE	56
CA	45
EP	39
FI	34
JP	31
FR	27
WO	27
ZA	22
BR	21
AT	20

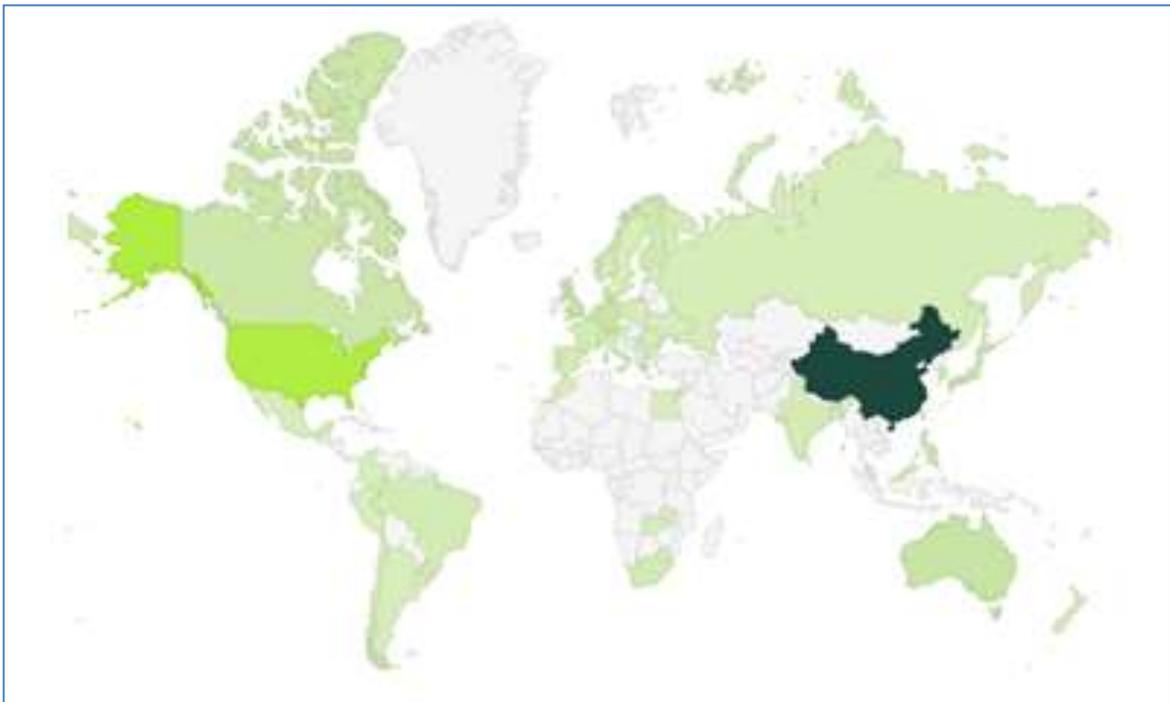
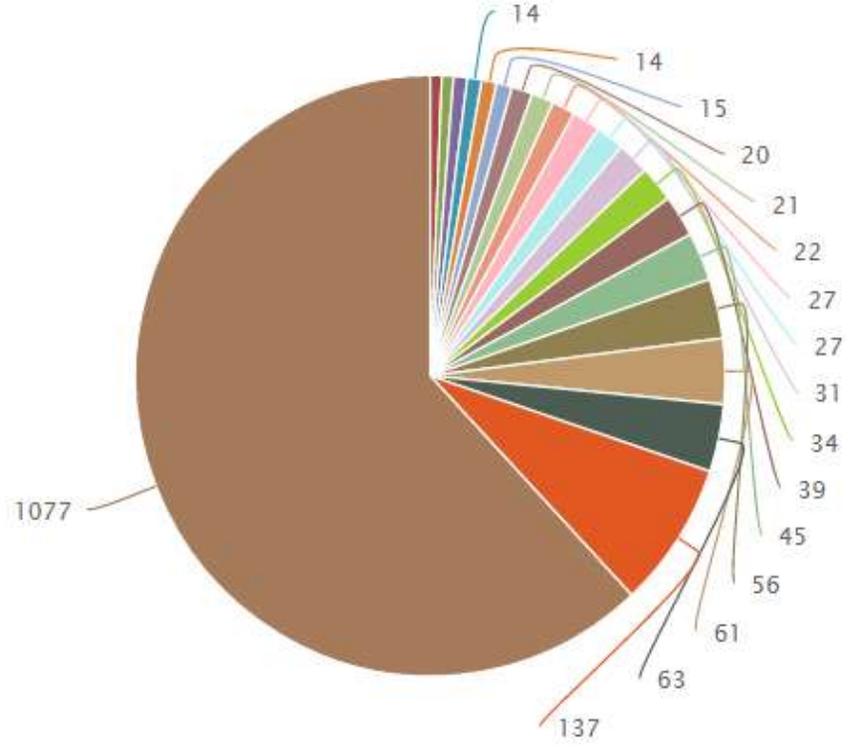


Figura 17. Patentes por país de publicación

registradas desde documentos desarrollados en el extranjero. De forma similar a cómo ocurrió con las patentes de prioridad (relacionadas al país de origen de la tecnología), la publicación de patentes en un país, identifica a las patentes nacionales y extranjeras que lograron pasar los trámites administrativos. Por lo que puede observarse que en China se han registrado adecuadamente más de la mitad de las patentes del mundo relacionados a con las tecnologías sobre molinos de bolas.

Por otra parte, la diferencia entre la publicación de patentes de prioridad contra las patentes publicadas, implica la protección de tecnología desde países extranjeros en cierto territorio. Por ejemplo, de las 1077 patentes registradas en China, 1051 son de origen local, mientras que 26 provienen de otros países: 8 de Alemania, 7 de US, 4 de Francia, 2 de Bélgica, Europa e India y 1 de Lituania. Como se muestra en la tabla 4.

#### **d. ¿Quién está desarrollando la tecnología?**

De las 1916 patentes que identificamos como directamente relacionadas con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc), las 15 organizaciones que más patentes han solicitado y, muy probablemente desarrollado la tecnología se muestran en la tabla 8. Donde nuevamente empresas y universidades Chinas son las que están desarrollando la tecnología. Sólo quedando de Occidente Outkumpu, Siemens, Westinghouse, OMYA, etc. (tabla 5)

En cuanto a los inventores involucrados en el desarrollo de las 1916 patentes destacan con 63 patentes Buri Matthias, Blum Rene Vinzenz con 53 y Gane Patrick con 51, todos ellos de OMYA INTERNATIONAL. (tabla 6)

**Tabla 4 Patentes de prioridad Vs extranjeras publicadas**

<b>País</b>	<b>Patentes publicadas</b>	<b>Patentes publicadas prioridad local</b>	<b>Patentes publicadas con prioridad extranjera</b>
<b>China (CN)</b>	1077	1051	DE=8, US=7, FR=4, BE=2, EP=2, IN=2, LU=1
<b>US</b>	137	92	DE= 13, FR=10, CN=3, ZA=3, AU=2, BE=2, CA=2, GB=2, LU=2, AT=1, CL=1, EP=1, FI=1, IN=1, SE=1
<b>Australia (AU)</b>	63	8	US=16, DE=10, FR=5, AT=3, CL=3, CN=3, BE=2, CA=2, EP=2, FI=2, IN=2, LU=2, SE=2, ZA=1
<b>Gran Bretaña (GB)</b>	61	26	US=19, DE=5, AT=3, ZA=3, AU=1, BE=1, CAS=1, HU=1
<b>Alemania (DE)</b>	56	29	US=8, AT=4, FR=3, AU=2, BE=2, FI=2, SE=2, EP=1, GB=1, LU=1
<b>Canadá (CA)</b>	45	3	US=17, DE=6, FR=4, AU=3, AT=2, BE=2, CL=2, SE=2, EP=1, FI=1, IN=1, LU=1
<b>Finlandia (FI)</b>	34	6	DE=9, SE=4, SE=4, CA=3, GB=2
<b>Japón (JP)</b>	31	2	DE=7, FR=6, US=6, GB=3, AU=2, IN=2, LU=2, FI=1
<b>Francia (FR)</b>	27	7	DE=14, US=3, GB=2, BE=1
<b>México (MX)</b>	8	0	US=3, DE=3, FR=2

**Tabla 5. Patentes por identidad del solicitante**

## Assignee

◆ #	▼ Total
OMYA DEVELOPMENT AG	62
ANSHAN IRON & STEEL GR MINING	54
REIMBOLD & STRICK	37
SIEMENS AG	35
COATEX SAS	33
SALA INTERNATIONAL AB	22
MAGOTTEAUX INT	21
ANGANG GROUP MINING CO LTD	19
TEGA IND LTD	19
SCHOENERT KLAUS	18
W R GRACE & CO	18
CARBO CERAMICS INC	16
TAIYUAN IRON & STEEL GROUP CO	16
VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS	16
UNIV KUNMING SCIENCE & TECH	15

**Tabla 6. Patentes por identidad del inventor**

## Inventor

◆ #	▼ Total
BURI MATTHIAS	63
BLUM RENE VINZENZ	53
GANE PATRICK A C	51
HOFFMANN KARLHEINZ	35
MONGOIN JACQUES	32
KARRA VIJIA K	21
HELD HARALD	19
METZGER MICHAEL	19
STARKEY JOHN H	19
STEINKE FLORIAN	19



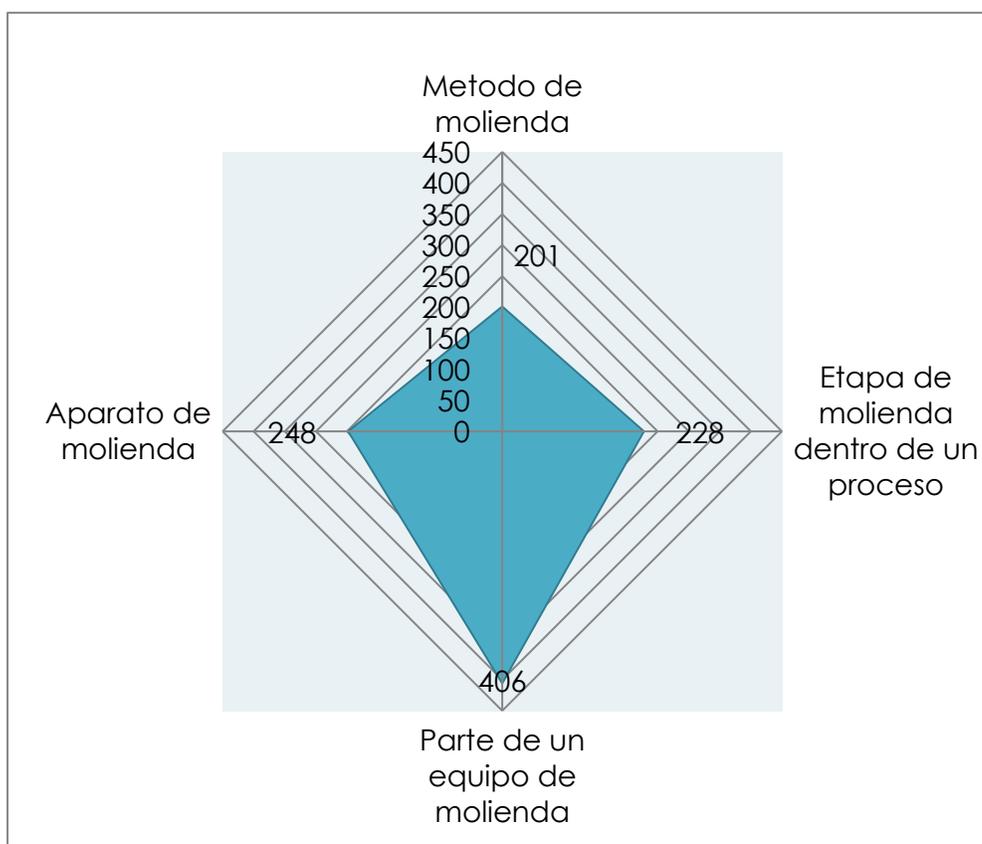
## ANÁLISIS DE TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS

Para llevar a cabo el análisis técnico de la presente vigilancia, se conformó una base de datos de 5916 patentes y solicitudes de patente relacionadas a molinos de bolas. Dicha base de datos se elaboró a partir de diferentes búsquedas seleccionando palabras clave adecuadas para acotar la búsqueda. Los criterios clave fueron bal mill, ball milling, ball grinding, ball grinder. Se intentó con el criterio de mineral breaker, pero los resultados se extrapolaban hacia quebradoras y otro tipo de molinos (martillos, rodillos, varillas, etc), es por eso que se decidió limitar la búsqueda a molinos de bolas y reductores de tamaño (grinders) que emplean bolas como medio de molienda.

Una vez obtenido el listado, la selección de los documentos relevantes para el objetivo de la presente vigilancia se llevó a cabo mediante el análisis técnico. Dicho análisis técnico consideró únicamente las patentes referentes a una invención relacionada en la tecnología de molinos de bolas, considerando en una categoría aparte aquellos que se refieren a métodos de procesamiento de minerales que involucran una etapa de molienda en molinos de bolas combinada con etapas complementarias como tamizado, flotaciones, o lixiviaciones. De las 5916 patentes y solicitudes de patente sometidas a análisis, se encontró que 1916 patentes y solicitudes de patente están relacionadas directamente con la tecnología de molinos de bolas (equipos, aditamentos, métodos de molienda, etc). El resto no tuvieron relevancia para el objetivo de la presente vigilancia. El análisis técnico para la tecnología de molinos de bolas se enfocó principalmente en las características estructurales de los equipos de molienda, y su presencia o rol en los procesos de minería. Para este efecto, el listado de patentes analizado categorizó el listado en 4 rubros:

- Método de molienda: Estas patentes son relativas a métodos o procedimientos para llevar a cabo la operación de molienda, mejorar la eficiencia del molino, ahorro energético, etc.
- Etapa de molienda dentro de un proceso: Son patentes que tratan sobre el procesamiento de minerales que involucran una etapa de molienda en el transcurso del mismo, regularmente, el procesamiento de minerales comprende de por lo menos una etapa de reducción de tamaño de partícula.
- Parte de un equipo de molienda: Componentes que forman parte de un molino, suelen principalmente ser sistemas de control, liners (placas), incluso los medios de molienda (varillas, rodillos, etc...).
- Aparato de molienda: Son patentes que se refieren a equipos integrales de molienda, no a etapas de un proceso, no a partes de un molino, sino a equipos de molienda.

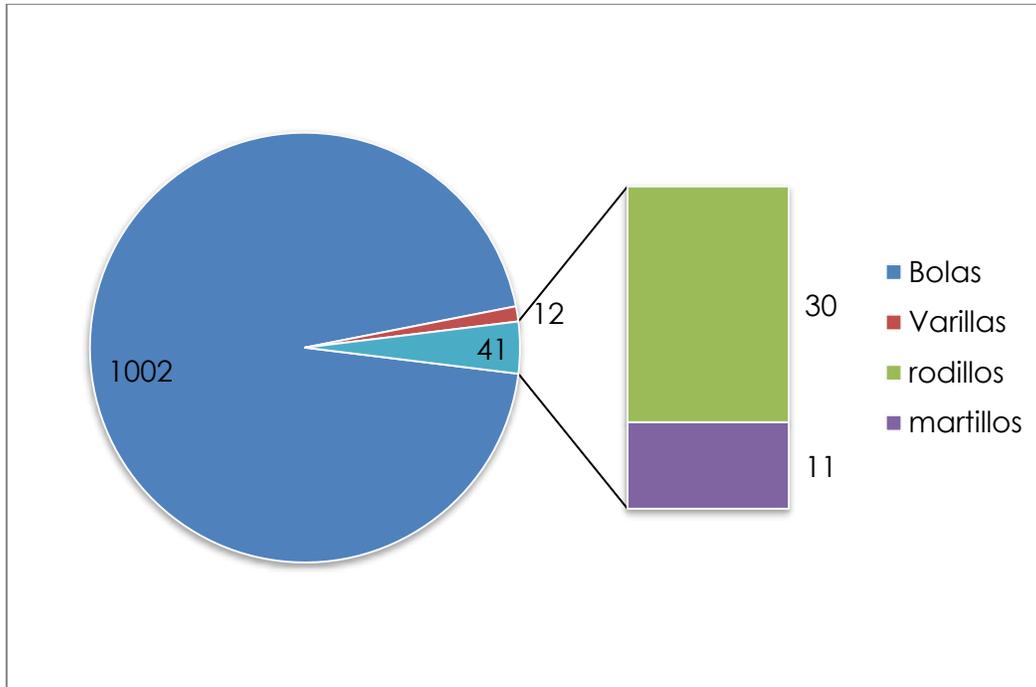
Los resultados de dicha categorización se muestra en la figura 18, donde 201 patentes se refieren a algún método de molienda, no importando si además se refieren a un equipo, o algún componente del molino, puesto que dentro de las reivindicaciones también involucraba el método o procedimiento para llevar a cabo la operación (principalmente para eficientizar el proceso, controlarlo, o bien simplemente llevar a cabo la reducción de tamaño), es importante mencionar que una buena parte de estos métodos se refieren a sistemas de control, sobre lo cual se tratará más adelante. 406 de las patentes son relativas a componentes del molino, principalmente liners. Solamente 248 del listado de patentes analizadas se referían a equipos integrales de molienda, y 228 son únicamente etapas de reducción de tamaño dentro de algún proceso completo de procesamiento de minerales.



**Figura 18. Categorías en las que se clasifica el listado de patentes relevantes para el objetivo de la presente vigilancia.**

### Tipo de molinos

En el listado analizado, las patentes no únicamente aparecían molinos de bolas, en algunos casos, lo que se protege en las reivindicaciones de la invención es aplicable a otro tipo de molinos como rodillos, barras, o martillos, dichas patentes no se consideraron relevantes, a menos que también se refirieran a molinos de bolas. Los tipos de molinos encontrados además de molino de bolas se ilustran en el Figura 19, donde se muestra que la mayoría de las patentes se refieren a molinos de bolas, esto debido a los criterios de búsqueda empleados para obtener el listado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



**Figura 19. Tipos de molinos encontrados**

### Características de la invención

Como se mencionó previamente, los propósitos de la invención difieren de una patente a otra, y las patentes analizadas también se categorizaron de acuerdo a la característica fundamental de la invención.

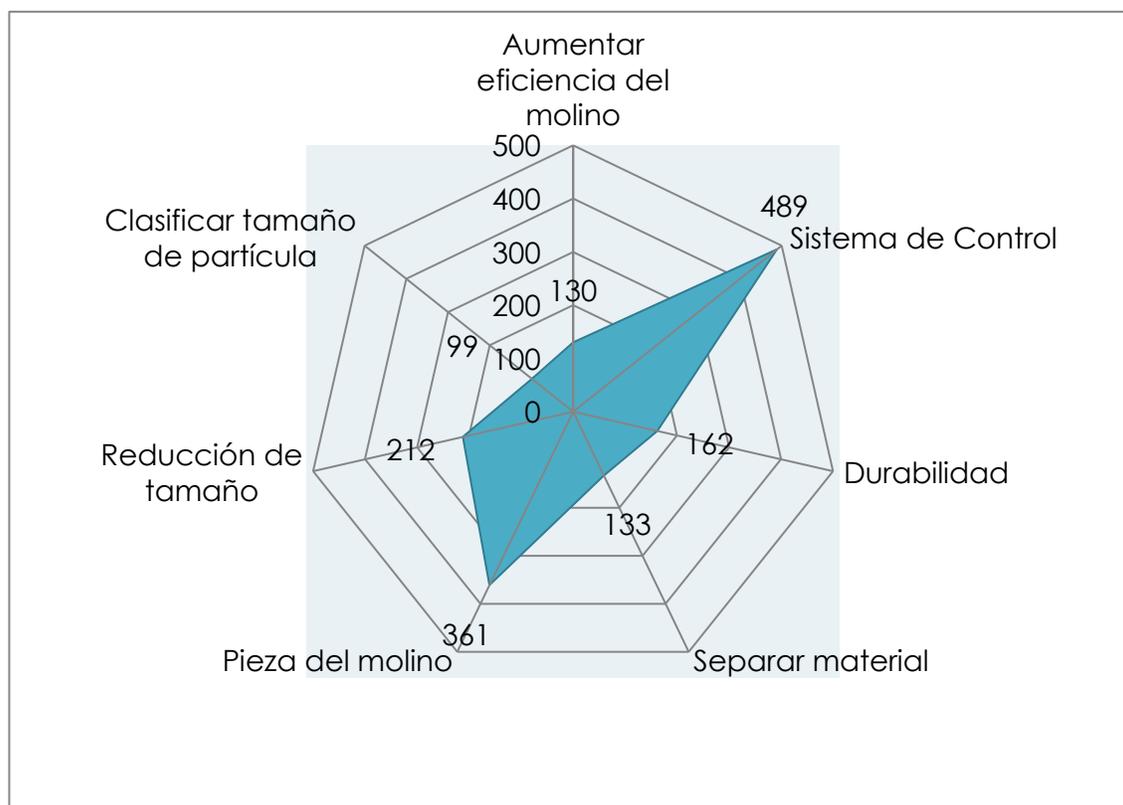
- **Separar material:** Separar las partículas más finas de los gruesos, bien materiales magnéticos de los no magnéticos, etc.
- **Sistema de control:** Siendo evidentemente de las características más importantes, el sistema de control abarca desde control en la alimentación del molino, la velocidad de rotación, es decir, la operación del molino en general.
- **Reducción de tamaño:** El principal propósito de cualquier equipo de molienda es la reducción de tamaño de partícula mediante un medio de molienda (bolas, varillas, rodillos, etc)
- **Clasificar tamaño de partícula:** Esta característica va de la mano con la de separar el material, ya que haz molinos capaces de recircular los gruesos e ir pasando los finos, debido a que los finos

constituyen una pérdida de energía. Recordando que a menor tamaño de partícula, mayor es la energía que se requiere para seguir reduciendo su tamaño

- **Reducir ruido:** Los molinos son equipos muy ruidosos, esto en ocasiones genera vibraciones que van desgastando los mismos equipos, por lo cual reducir estas vibraciones mediante la reducción de ruido durante la operación del molino suele representar ahorros en cuanto a mantenimiento y rendimiento energético.
- **Durabilidad:** Se refiere a diseños o aleaciones que aumentan la durabilidad de los equipos de molienda, o bien alguno de sus componentes (principalmente los liners y las bolas), minimizando los reemplazos, los cuales se traducen en costos de operación.
- **Ahorro de energía:** En la industria en general, el ahorro de energía es fundamental, y en la minería no es la excepción, el ahorro de energía es de los principales targets de cualquier equipo, en cuanto a equipos de reducción de tamaño, se busca maximizar el rendimiento energético mediante sistemas de control, y aleaciones para incrementar la durabilidad de los equipos.
- **Control de Velocidad:** Dentro de los sistemas de control, los sistemas de control de velocidad forman parte importante de los equipos de molienda, debido a que permiten un mejor manejo de la carga, y mejoran el rendimiento energético.
- **Carga/Descarga:** Son sistemas de carga y descarga del molino, son importantes en cuanto a tiempos muertos de operación, ya que el tiempo de carga del molino se puede considerar tiempo muerto durante el procesamiento de minerales.
- **Material:** Se refiere a materiales, principalmente aleaciones, de las cuales se fabrican las piezas del molino.

- **Sistema de enfriamiento:** Son sistemas que controlan las altas temperaturas que alcanza el molino durante su operación (debido a la energía cinética perdida durante la fricción).
- **Lubricar:** Son algunos componentes (aceites) que dan lubricación al equipo de molienda.
- **Aumentar eficiencia del molino:** Esto va muy de la mano con el ahorro de energía, y va enfocado también a la eficiencia de la reducción de tamaño de partícula, para lograrlo se engloban varias características: diseño de las piezas, materiales de construcción, control durante la operación del molino, un buen cálculo de la alimentación, etc.
- **Combinar varios equipos:** Algunos equipos de molienda combinan el molino con un tamiz para ir clasificando el tamaño de partícula durante el proceso de molienda.
- **Recuperar las bolas:** Se encontraron sistemas relativos a la recuperación de los medios de molienda a la hora de descarga del molino
- **Alimentador de bolas:** Llama la atención que no solo la carga del molino con el mineral es importante, también lo es la carga del medio de molienda, y esto suele impactar directamente en la eficiencia del molino.
- **Magnetismo:** Esta característica se refiere exclusivamente a molinos magnéticos.
- **Protección/Mantenimiento:** Métodos de mantenimiento para las piezas del molino o el equipo de molienda, así como procedimientos para aumentar la resistencia al desgaste del mismo.
- **Pieza del molino:** Son patentes que se refieren principalmente a piezas individuales que conforman un equipo, como los liners o los medios de molienda. Se ahonda en ellos más adelante.

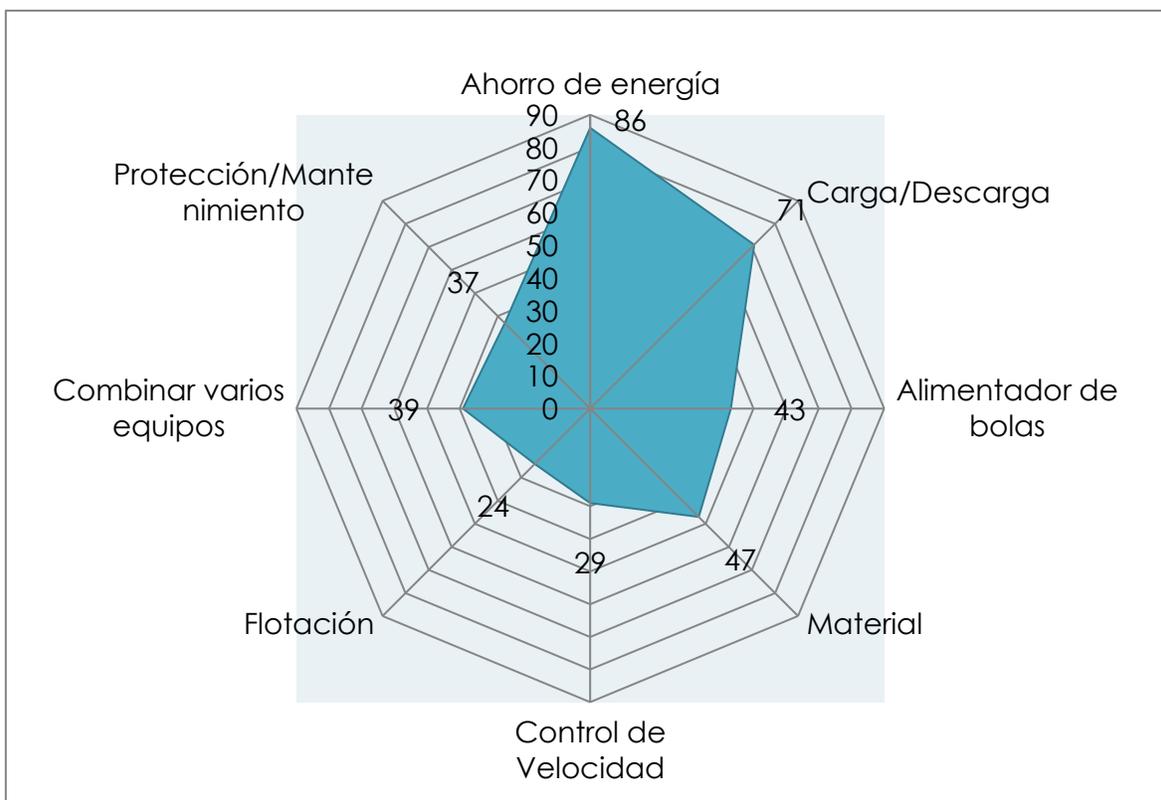
En la figura 20 se puede apreciar que las invenciones están enfocadas en los sistemas de control y en el diseño de piezas del molino, lo demás pasa a segundo término, debido a que el diseño y el control de un equipo son la combinación necesaria para el mejor rendimiento del equipo. En segundo lugar de la lista los sistemas de control, con una frecuencia de 489 patentes relacionadas principalmente a sistemas de control, en estos se engloba el monitoreo de toda la operación, o bien de ciertos puntos de operación del equipo, como lo es la alimentación, la velocidad de rotación, la carga y descarga, etc. Todo esto va enfocado a aumentar la eficiencia de molienda, mejorar el rendimiento energético, y en general optimizar el funcionamiento del molino o la etapa de molienda. Encabezando la lista se encuentra la categoría relacionada a piezas del molino, en esta categoría se encuentran las patentes relacionadas a componentes del molino, con un total de 361 patentes. Dichas piezas son principalmente las



**Figura 20. Característica de la invención (frecuencia mayor a 90)**

placas o liners que se encuentran en la parte interna del molino, estas placas son las que tienen elevadores que movilizan el material, incluso algunas de estas placas cuentan con tamices para separar los finos de los gruesos. En tercer lugar del listado, se encuentran patentes relacionadas directamente a la reducción de tamaño, es decir, patentes cuyo objetivo principal era la reducción de tamaño; dentro de este grupo están algunas de las patentes que se refieren a etapas de molienda dentro de un proceso, ya que en la mayoría de los casos, dicha etapa de molienda tiene como único propósito la reducción de tamaño para llevar a cabo una operación posterior (lixiviaciones, flotaciones, tamizados, etc.). En cuarto lugar aparece la categoría referente a aumentar la eficiencia del molino, con 130 patentes del listado, la cual hace referencia a patentes que ya sea por el diseño o el método de control, el objetivo principal es aumentar la eficiencia del molino. 133 de las patentes se refieren a separación de material, la mayoría de los casos son molinos magnéticos, o bien, cuentan con una cama vibratoria que va separando los finos productos del molino. 99 patentes del listado están relacionadas con clasificación del tamaño de partícula, es decir, equipos de molienda cuya innovación radica en que cuentan con tamices o algún método o aditamento que permite separar las partículas por tamaño y clasificarlas.

En la figura 21 se muestran las características que aparecieron con una frecuencia menor a 90 y mayor a 20, sin embargo, aún conforman un grupo importante de las patentes analizadas. Encabezando el grupo está la categoría de ahorro de energía, con 86 patentes, las cuales dentro de sus reivindicaciones manifiestan que el principal propósito de la invención es el ahorro energético, ya sea mediante un sistema de control, o el diseño de un componente o un equipo de molienda de manera integral. En la siguiente categoría denominada carga/descarga, habla de patentes que

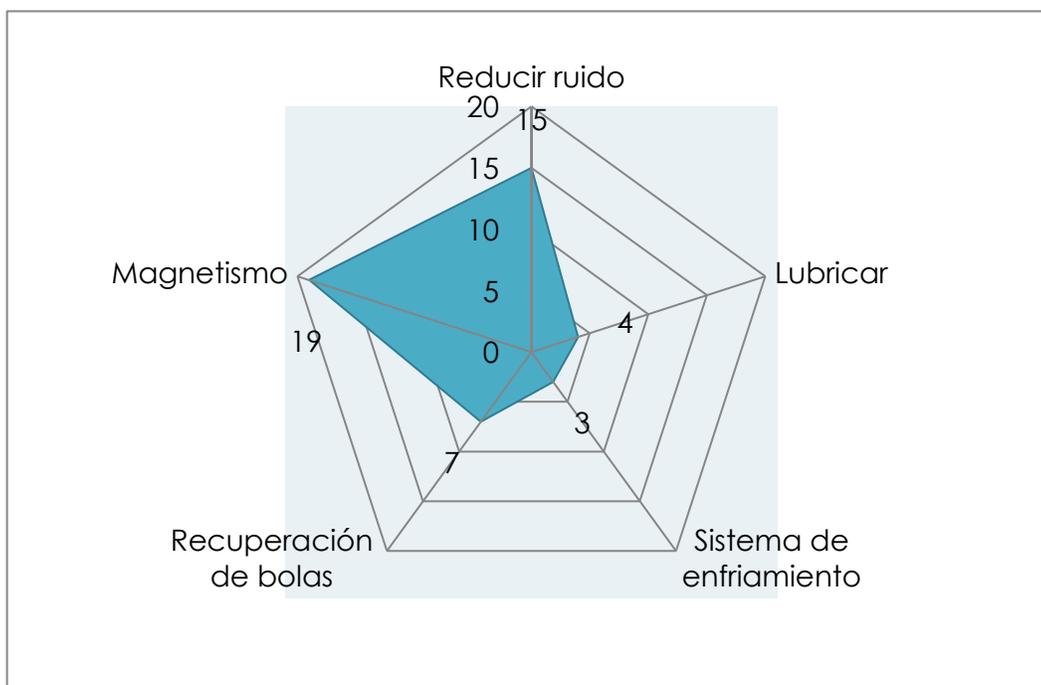


**Figura 21 Característica de la invención (frec. menor a 90 y mayor a 20)**

se refieren a un componente o sistema de carga de la alimentación al molino, o bien su descarga. 47 de las patentes se refieren a algún material de manufactura en particular, para componentes del molino; la innovación de dichos materiales está enfocada en la resistencia a la abrasión. También se encontraron 43 patentes relacionadas a la alimentación de las bolas de acero al molino, lo cual parece tener importancia al momento de operar el molino, incluso la patente CN201969596U “Broken ball removing screen” se refiere a un método y un dispositivo para remover las bolas que se van rompiendo o desgastando dentro del molino. 29 de las patentes analizadas tienen como principal característica el control de la velocidad de rotación del molino, durante la operación, para operarlo incluso a velocidades supercríticas, todas ellas se encuentran dentro de los rubros de métodos de molienda, y sistemas de

control. 24 de las patentes se refieren a sistemas combinados de molienda y flotación, conectados en un mismo circuito. 39 de las patentes del listado muestran la característica de combinar un equipo de molienda con algún otro equipo para combinar dos operaciones unitarias, ya sea como quebradoras, tamices, ciclones etc. 37 de las patentes de este grupo tienen como objetivo o principal característica, algún método para proteger el equipo o alguno de sus componentes, debido a que son equipos sometidos a constante operación y por lo tanto desgaste.

En una categoría aparte, como se muestra en la figura 22, que son documentos que registraron una frecuencia menor a 20, donde 19 de las patentes que se analizaron se refieren a molinos cuya principal característica es que son magnéticos, y permiten la separación de ferrita y otros minerales durante el proceso de molienda. Además se consideró otro sistema de protección importante: los sistemas de lubricación en 4 documentos referidos a sustancias o polvos que confieren lubricación al equipo, mejorando su rendimiento y funcionamiento y previniendo un desgaste innecesario. 15 de las patentes están enfocadas en la reducción de ruido durante la operación del molino, el cual también va provocando estrés y desgaste en el equipo, y además en los equipos aledaños. 3 de las patentes tienen como característica ser sistemas de enfriamiento, el cual es también un factor importante debido al calor que genera el molino durante su operación debido a la energía cinética perdida durante la colisión, la cual se libera en forma de calor. Por último, 7 de las patentes se refieren a sistemas para la recuperación de las bolas cuando el molino termina la operación, para minimizar tiempos muertos optimizando el proceso de molienda.

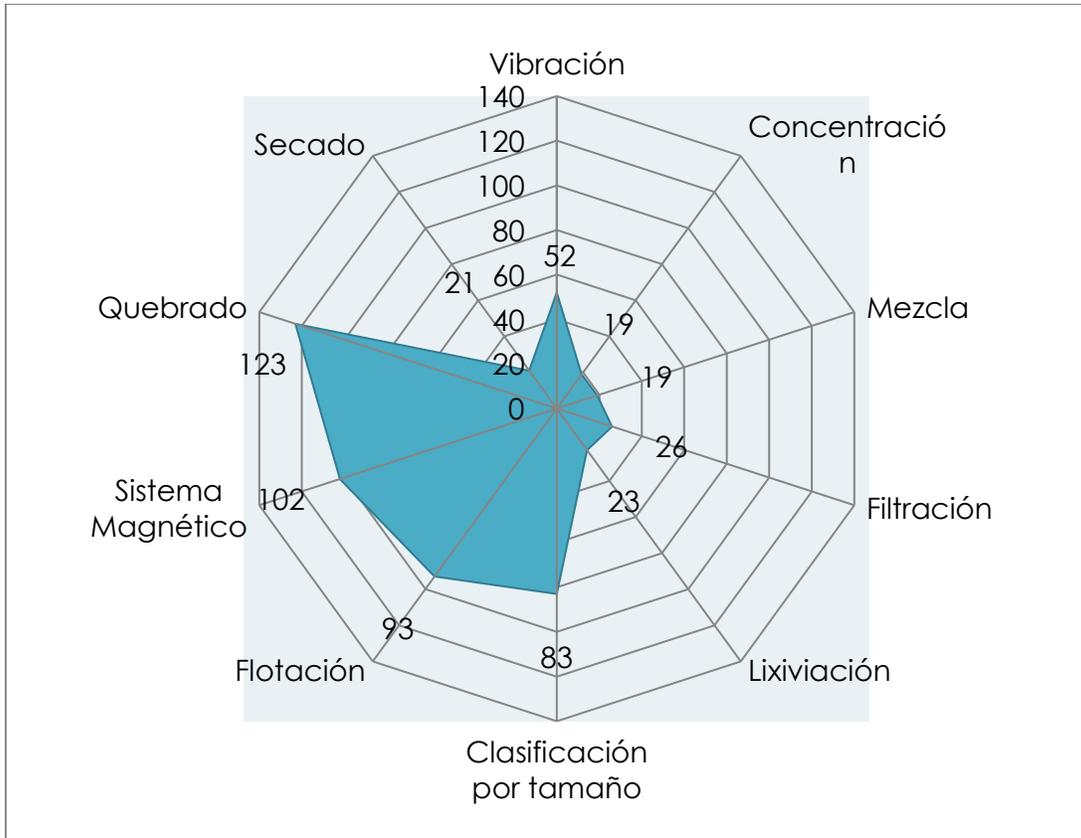


**Figura 22 Característica de la invención (frecuencia menor a 20)**

### Otros Procesos involucrados

Dentro de las patentes que se refieren a etapas de molienda dentro de un proceso, suelen verse involucradas otras operaciones unitarias adicionales (tales como: secado, quebrado, tostado, enfriado, manufactura, sistemas de separación magnética, flotación, tamizado, lixiviación, filtración, refinación, calcinado, instalación, mezclado, venteo, concentración, electrodeposición, separación por vibración).

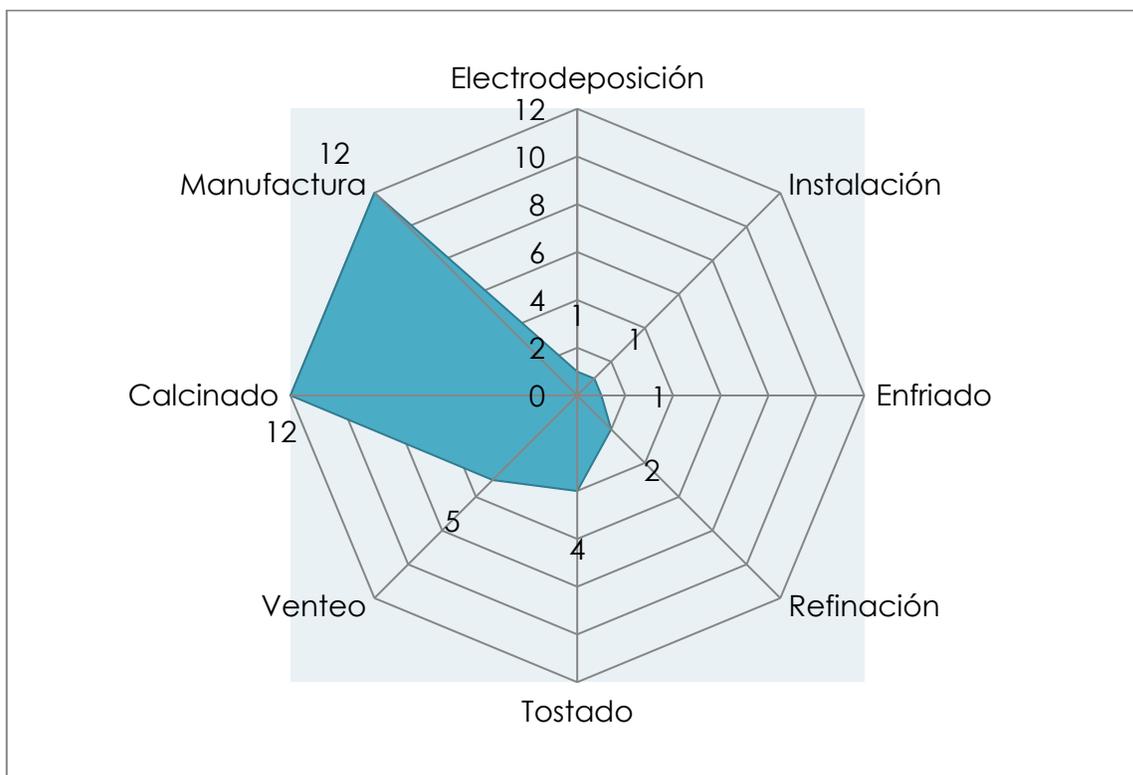
La operación unitaria que se registró con una mayor frecuencia en 123 documentos, es el Quebrado, debido a que generalmente el material que se va a someter a molienda, pasa previamente a una quebradora para fragmentar lo más posible el mineral, que muchas veces suele presentar alta dureza o mayores dimensiones, de modo a que esta etapa benéfica a la etapa de molienda. La siguiente operación unitaria es la separación magnética en 102 documentos, ya que se encuentra principalmente en



**Figura 23 Otros procesos involucrados (frecuencia mayor a 15)**

los molinos de bolas donde los liners son magnéticos, empleados para separar materiales ferromagnéticos principalmente. Seguido de las operaciones de flotación, que suelen ser inmediatamente posteriores a una etapa de molienda y cribado. Las operaciones de mezclado suelen ocurrir dentro del molino, en conjunción con la reducción de tamaño.

Con una menor frecuencia (Figura 24) aparecen las operaciones de venteo, tostado, calcinado, procesos completos de refinación, enfriado de material, instalación de equipos de molienda, y procesos de electrodeposición. 12 patentes hablan de algún proceso de manufactura que involucra etapas de molienda.

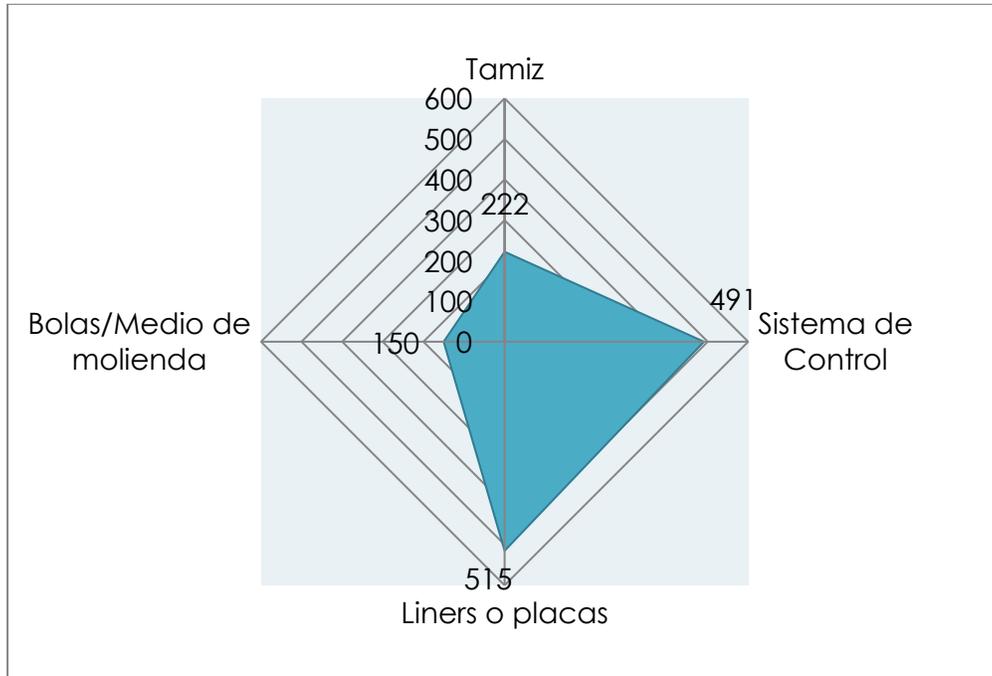


**Figura 24 Otros procesos involucrados (frecuencia menor a 15)**

### Partes del molino

Para clasificar las partes del molino que se protegen en las patentes, cuando no se refieren a equipos completos de molienda, se identificaron las patentes que protegen componentes del molino, y no molinos de manera integral. Como se observa en la figura 25, se encontraron principalmente liners o placas, y sistemas de control.

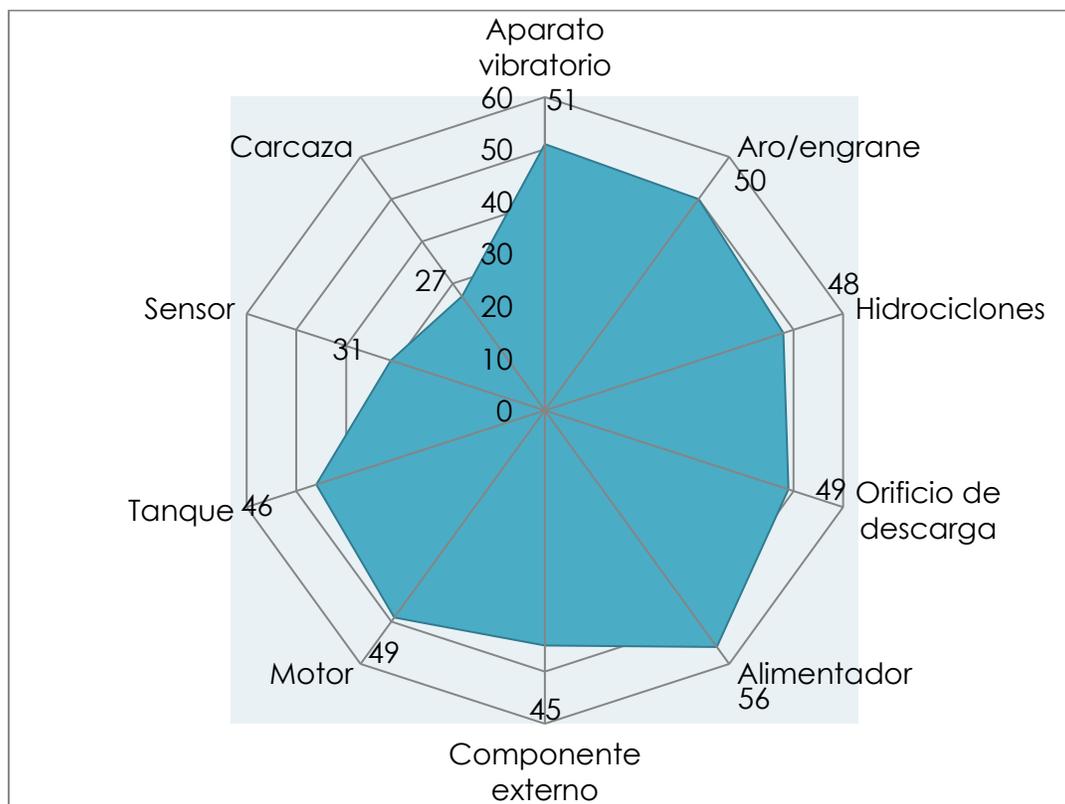
Los liners tienen un papel importante en el rendimiento del molino debido a que son los que movilizan el material en el interior del molino, por lo cual el diseño de dichas placas es oportunidad de innovación. De la misma manera, los sistemas de control cobran importancia debido a la modernización en la operación de equipos, buscando mejorar el rendimiento energético y la eficiencia del molino. Algunos molinos cuentan



**Figura 25 Componentes del equipo de molienda (frecuencia mayor a 100)**

con tamices para ir separando los finos de los gruesos, ya que pulverizar partículas de menor tamaño requiere mayor energía, y la presencia de finos considera una pérdida energética importante durante la operación del molino. En 150 patentes se muestran invenciones en cuanto al diseño y material de las bolas, ya que estas suelen desgastarse con el tiempo, propiciando una molienda de baja calidad, además que se generan altos costos de mantenimiento.

Se encontraron 56 patentes que se refieren a sistemas de alimentación de la carga al molino, para optimizar la producción y reducir tiempos. Se registraron también sensores en 31 documentos, que van de la mano con sistemas de control, principalmente para los pasos de carga y descarga del molino, determinar máximos y mínimos de carga por ejemplo. 45 patentes se refieren a componentes externos, es decir, no forman parte integral del molino, sin embargo son importantes para su funcionamiento,

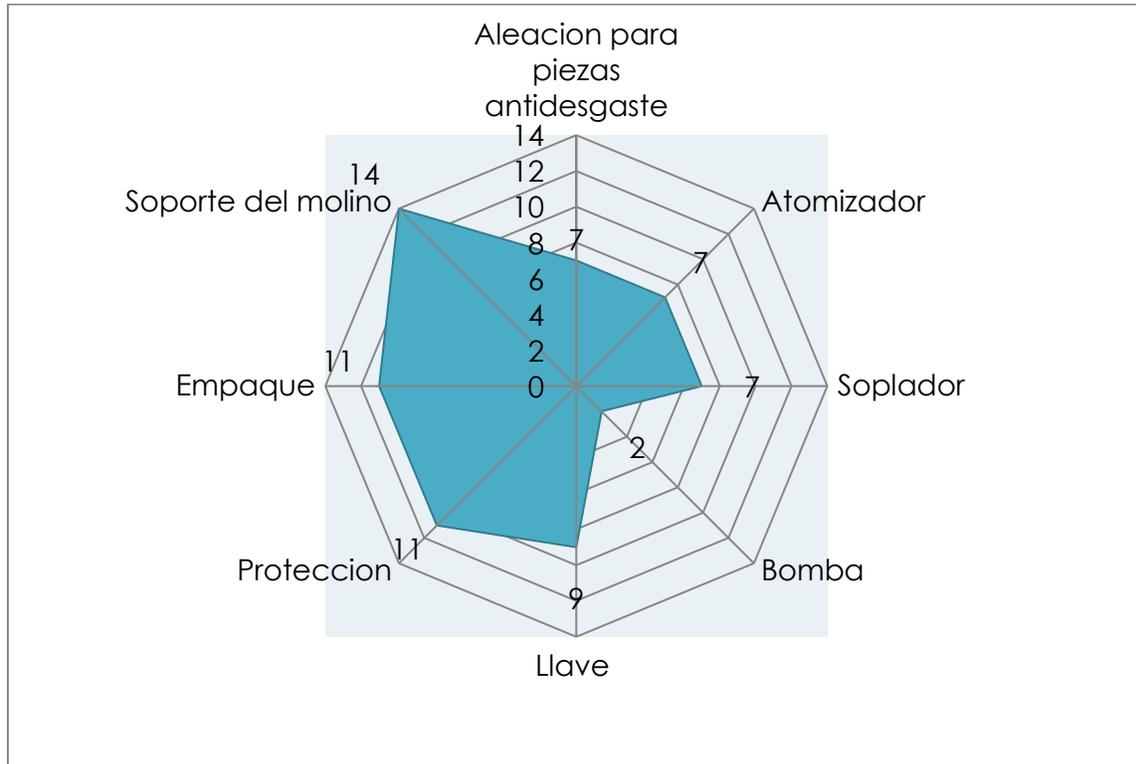


**Figura 26 Componentes del equipo de molienda (frecuencia mayor a 20 y menor a 60)**

son alimentadores, cintas transportadoras u otros aditamentos. 27 de las patentes se refieren al diseño de las carcasas del molino o materiales de manufactura. 51 de las patentes se refieren a dispositivos vibratorios, estos con la finalidad de ir separando el material a la descarga del molino. 49 de las patentes se refieren a motores para la operación del molino y con el control de velocidad. 49 documentos tratan sobre el diseño de la descarga del molino al final de su operación.

Con menos frecuencia aparecieron otros componentes diversos como sopladores, soporte de molino, bombas para transportar el material, empaques para sellar el molino, llaves, atomizadores para humedecer el material de molienda, o aleaciones que pueden ser empleadas en la

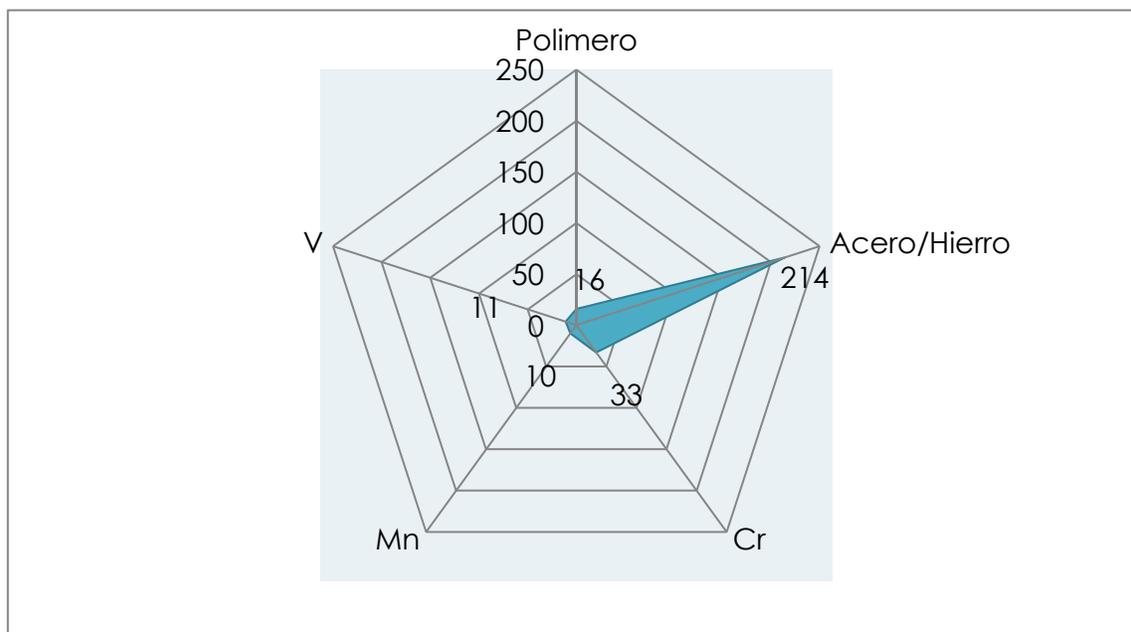
manufactura de molinos de bolas. 11 de las patentes se refieren a sistemas de protección, pueden ser aleaciones o sustancias que confieren al equipo resistencia a la abrasión principalmente.



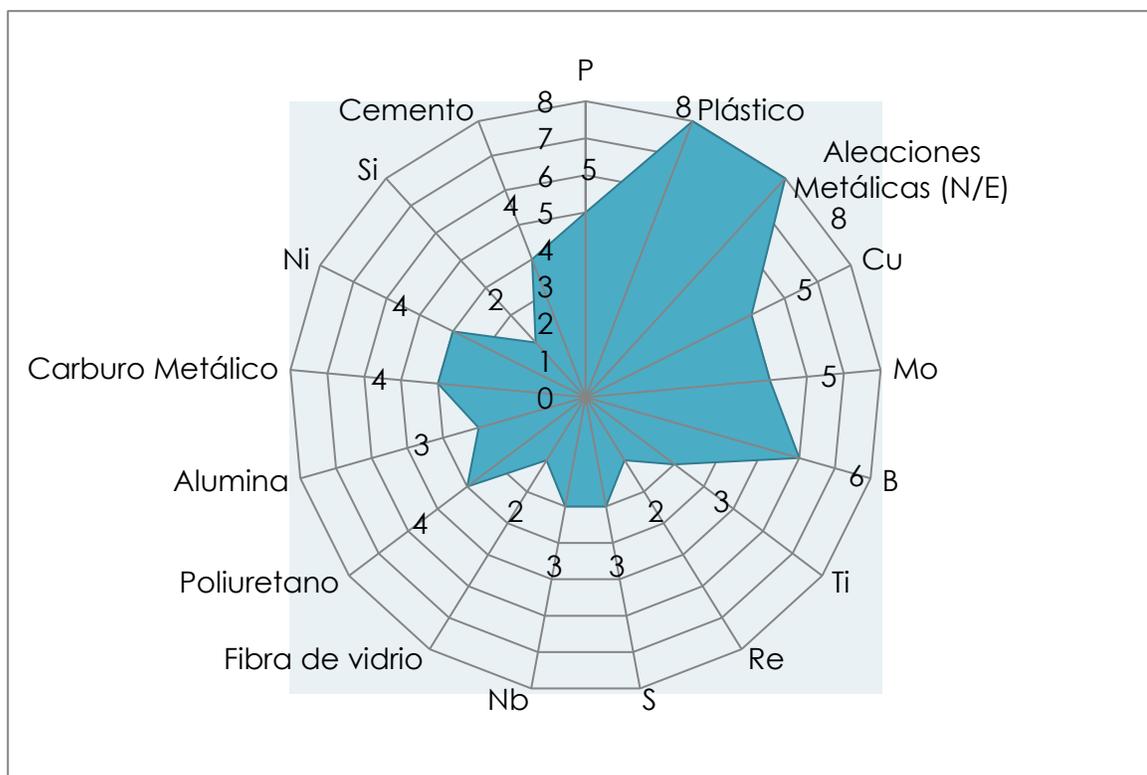
**Figura 27 Componentes del equipo de molienda (frecuencia menor a 15)**

### **Materiales de manufactura**

Para aumentar la durabilidad y mejorar la resistencia al desgaste de los molinos, se emplean diferentes materiales y diferentes aleaciones, en la figura se muestran los de empleo más frecuente. El material de manufactura más importante es el acero, que puede estar en proporción con otros materiales (debido a que existen diferentes tipos de acero, de acuerdo a metales que pueda tener agregados). Los polímeros también son empleados para la manufactura de algunos componentes de los molinos, como los liners o placas. Los materiales empleados con menor frecuencia se muestran en la figura 29.



**Figura 28** Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia mayor a 10)

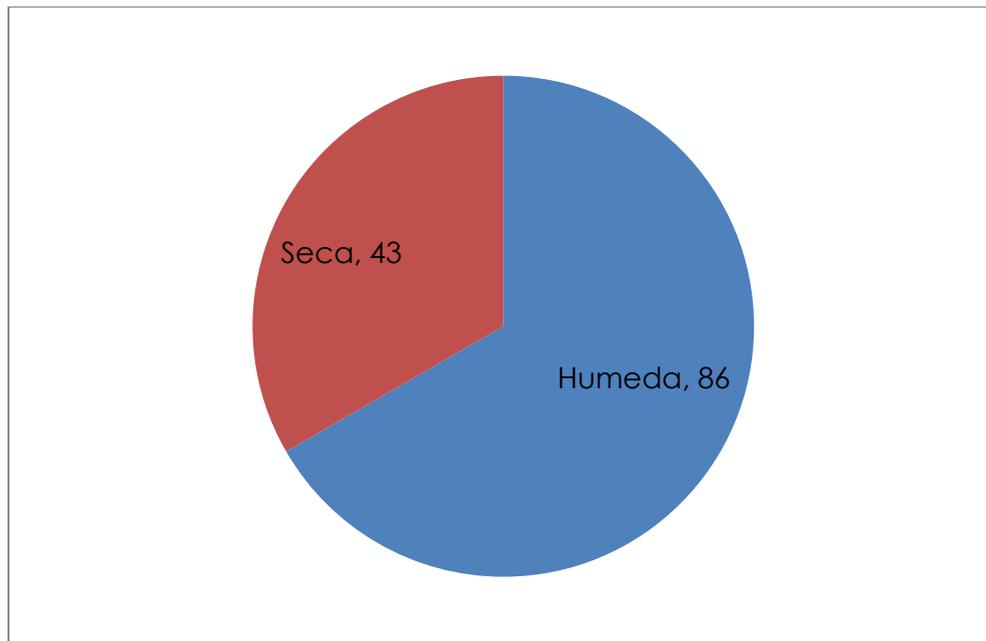


**Figura 29** Materiales de manufactura de molinos de bola, y sus componentes (frecuencia menor a 10)

### **Molienda vía húmeda vs. Vía seca**

En la mayoría de los documentos de patente que se analizaron no se hace mención acerca del medio de molienda, que son molienda en vía seca y vía húmeda, sin embargo, en las patentes referidas a métodos de molienda y etapas de molienda dentro de un proceso, se encontró que el proceso más empleado es la vía húmeda, en donde se lleva a cabo generalmente por medio de una mezcla del mineral a moler, con agua.

La figura 30 muestra que la molienda vía húmeda predomina sobre la molienda vía seca. La molienda vía húmeda tiene la ventaja de que minimiza la presencia de polvos durante la operación, sin embargo suele repercutir en el desgaste de los equipos debido a la corrosión.



**Figura 30 Molienda vía húmeda vs molienda vía seca**

## Conclusiones

Este análisis presenta un panorama general sobre los equipos de reducción de tamaño que emplean bolas de acero como medio de molienda. La innovación en cuanto al diseño de estos equipos esta principalmente dirigida al diseño y la manufactura de placas o (liners), en todos los sentidos: desde materiales de manufactura, hasta el diseño geométrico de las mismas. Otro aspecto importante en el que se enfoca la innovación es el aspecto del control, debido a la modernización y el avance de la tecnología electrónica, los sistemas de control cada vez pueden ser más precisos, y esto da como resultado operaciones más eficientes, y la tecnología de molinos no es la excepción. Sin embargo el fundamento principal de la molienda es el mismo desde que se ha empleado, solo se ha ido buscando la optimización del proceso.



## PATENTES MEXICANAS MOLINO DE BOLAS

Se realizó una búsqueda en la base de patentes del Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (SIGA) de las solicitudes de patente directamente relacionadas con los molinos de bolas. 24 resultaron relevantes para materia concerniente al tema y se presentan sus resúmenes a continuación.

**Número de expediente:** MX/a/2012/011792

**Prioridad (es) :** FI20100146 12/04/2010

**Clasificación :** <i>B02C17/20</i> <b>(2006-01)</b>

**Clasificación :** <i>B02C23/02</i> <b>(2006-01)</b>

**Título :** APARATO PARA ALIMENTAR ELEMENTOS DE MOLIENDA A UN MOLINO.

**Resumen :** El elemento de alimentación empleado en un aparato de alimentación de elementos de molienda de un molino (17) es el propio tanque de suministro de elementos de molienda (1), en el que los elementos de molienda son cargados desde una tolva o almacenamiento de bolas. En relación con el tanque de suministro (1), se proporciona un elemento de descarga de elementos de molienda, por medio del cual los elementos de molienda son conducidos hacia un conducto que sirve como un canalón de alimentación (18) y que conduce al molino (17), y a través de dicho conducto, al mismo molino. La apertura y cierre del tanque de suministro se realiza mediante elementos exteriores de control de oposición que rodean el elemento de tambor (5) del tanque de suministro (1) en relación con su estructura. Mediante el dispositivo de alimentación, es posible alimentar una bola a la vez al molino (17), en cuyo caso se puede suministrar un número correcto de bolas.

**Inventor(es) :** SIMO FRANSAS; YONGSUN BAE; ILKKA REKOLAINEN; JOHANNES PYLVÄNEN; KAUR JAAKMA; MARKUS STRANDVALL; PASI POHJOLA; ALI SALOMÄKI; JOUNI HYTTINEN; Valkamakatu 12 c 44, FI-48100, Kotka, FINLANDIA

**Número de expediente:**MX/a/2013/012737

**Prioridad (es) :** DE10 2011 051 041.9 14/06/2011

**Clasificación :** <i>B02C17/22</i> <b>(2006-01)</b>

**Título :** MOLINO AGITADOR DE BOLAS CON PREVENCIÓN DE DESGASTE.

**Resumen :** La invención se refiere a un molino agitador de bolas que tiene un contenedor dispuesto verticalmente en el cual hay un agitador dispuesto que puede girar alrededor de un eje vertical y tiene al menos un elemento de prevención de desgaste (1) que puede ser montado a la pared dentro del contenedor por medio de un sistema de fijación, en donde el sistema de fijación consiste de un perno de fijación (9) y una abertura de fijación (4) que se disponen en la pared dentro del contenedor y/o el lado posterior del elemento de prevención de desgaste (1) de manera que el elemento de prevención de desgaste (1) pueda fijarse a la pared de contenedor mediante un movimiento del elemento de prevención de desgaste (1) en una dirección que forma un ángulo  $\alpha > 0^\circ$  con el eje vertical del agitador giratorio, guiando al perno de fijación (9) por la abertura de fijación (4).

**Inventor(es) :** ANDREAS SEILER [DE]; KLAUS AHKE [DE]; Tauberbischofsheim, 97941, DE

**Número de solicitud :** MX/a/2013/006572

**Fecha de presentación :** 10/06/2013

**Prioridad (es) :** ITMO2012A000151 11/06/2012

**Clasificación :** <i>B02C17/22</i> <b>(2006-01)</b>

**Título :** REVESTIMIENTO PARA MOLINOS RESISTENTE AL DESGASTE.

**Resumen :** Un revestimiento resistente al desgaste para molinos de bolas comprende una base (3) hecha de un material que es elásticamente deformable en la superficie de trabajo (4) que se somete a desgaste a partir del cual se obtiene, una pluralidad de cavidades o huecos (5) adecuados para acomodar cuerpos de material duro dentro de los mismos; la presencia de dichos cuerpos de material duro tiene la función de impartir resistencia al desgaste particular a la superficie de trabajo (4)

porque son adecuados para entrar en contacto con los cuerpos o bolas de molienda (6) hechos de material duro que se utilizan en el molino, como la carga de molienda; las cavidades o huecos (5) de por lo menos parte de dicha pluralidad se dimensionan o proporcionan para que cada uno de los mismos sea adecuado para acomodar por lo menos uno de dichos cuerpos o bolas de molienda (6) dentro de las mismas; dichas cavidades o huecos (5) se forman y dimensionan con relación a la forma y tamaño de los cuerpos o bolas de molienda (6) para que cuando se complete la inserción y acoplamiento, los cuerpos o bolas de molienda (6) se almacenen de manera estable en las cavidades respectivas (5).

Solicitante(s) : CERTECH S.P.A. A SOCIO UNICO [IT];

**Número de expediente:**MX/a/2009/010998

**Prioridad (es) :** AU2007901922 12/04/2007

**Clasificación :** <i>B02C17/22</i> <b>(2006-01)</b>

**Título :** SISTEMA DE RETORNO DE LECHADA PARA MOLINOS.

**Resumen :** Se describe un sello de rueda de arena para un molino, el cual al utilizarse se dispone internamente en el molino. Preferentemente, el sello de rueda de arena está formado integralmente con una rueda de revestimiento de garganta de molino y puede asegurarse de manera liberable a un extremo de alimentación del molino. El molino puede ser cualquiera de un molino SAG, AG, de bolas, o de varillas.

**Inventor(es) :** CORAY, DALE; JL Tunggak Bingin No.2-B, Sanur, Bali, CANADA

**Número de expediente:**PA/a/2003/011233

**Número de concesión :** 250574

**Prioridad (es) :** FR0108350, 25/06/2001

**Clasificación :** B02C17/20

**Título :** METODO Y DISPOSITIVO PARA MOLIENDA FINA DE PARTICULAS MINERALES.

**Resumen :** Un método para la molienda fina de partículas minerales consiste en producir gránulos (38), hechos de acero con un contenido de carbono elevado, o hierro fundido, por medio de atomización con una escala de tamaño granular menor de 15 mm, y mezclar los gránulos (38) con bolas (36), hechas a partir de acero o hierro fundido con dimensiones entre 20 mm y 120 mm, en un molino de molienda giratorio, la proporción en peso de gránulos (38) dependiendo del tamaño granular de las partículas minerales para molienda y la relación de reducción deseada.

**Inventor(es) :** PHILIPPE ARTRU, MERIEN OULD ROUIS, EDOUARD LANDAO; 10, allée du Chateau, F-38240, , Meylan, FRANCIA; FR

**Número de concesión :** 160705

**Número de solicitud :** 200683

**Fecha de presentación :** 15/03/1984

**Fecha de concesión :** 19/04/1990

**Clasificación :** C22B-005/01; B02C-009/00

**Clasificación :** B02C-009/00

**Título :** METODO Y APARATO PARA REDUCIR A PARTICULAR UN CUERPO POROSO DE HIERRO PRODUCIDO MEDIANTE LA REDUCCION DE OXIDOS DE HIERRO CON CARBON

**Resumen :** La presente invención se refiere a metodo y aparato para reducir a particular un cuerpo poroso de hierro producido mediante la reducción de oxidos de hierro por medio de un reductor solido particulado que contiene carbon caracterizado por, cepillar el cuerpo poroso de hierro con un cepillo que tiene cerdas metalicas para producir particulas que

tienen una densidad substancialmente igual a la densidad del cuerpo poroso de hierro original además de, mantener el cepillo en una atmósfera de gas inerte para evitar la reoxidación de las partículas producidas y someter las partículas producidas a un tratamiento posterior en un molino de bolas para incrementar su densidad a un grado deseado.

**Inventor(es)** : RICARDO VIRAMONTES BROWN, JORGE DOMINGO BERRON CASTAÑÓN; MX

**Número de concesión** : 174613

**Número de solicitud** : 22702

**Fecha de presentación** : 04/10/1990

**Prioridad (es)** : DEP3933097.4, 04/10/1989

**Fecha de concesión** : 30/05/1994

**Clasificación** : B02C-017/02

**Título** : MOLINO VIBRATORIO Y DE BOLAS CON MECANISMO AGITADOR

**Resumen** : La presente invención se refiere a molino vibratorio y de bolas con mecanismo agitador del tipo que comprende: un tubo de molienda; un árbol de mecanismo agitador apoyado por ambos lados del tubo de molienda; una boca de llenado para alimentar los cuerpos de molienda; elementos agitadores en forma de barras, discos o elementos similares, provistos en la parte interna del tubo de molienda y unidos al árbol de mecanismo agitador; un orificio de carga para alimentar el producto a moler; un orificio de descarga para evacuar el producto molido; y bocas para medición de los orificios de carga y descarga; caracterizado porque dicho molino está dispuesto sobre apoyos provistos de dispositivos de accionamiento por excéntrica para hacer funcionar al molino de bolas como molino vibratorio y el mecanismo agitador está unido a través de un árbol articulado que adsorbe el movimiento vibratorio del tubo de molienda y del árbol del mecanismo agitador.

**Inventor(es)** : DIETER STEIDL; DE

**Número de concesión :** 175510

**Número de solicitud :** 18412

**Fecha de presentación :** 17/11/1989

**Título :** MOLINO DE BOLAS CON AGITADOR

**Resumen :** La presente invención se refiere a molino de bolas con agitador, con un recipiente de molido, con una cámara de molienda cilíndrica limitada por una pared cilíndrica y con por lo menos un agitador, situado en la cámara de molienda, el cual está provisto de accesorios de agitación, que sobresalen hacia afuera y cuyo eje de agitación se prolonga en forma paralela al eje longitudinal central de la cámara de molienda, de modo que el agitador por una parte y el recipiente de molido por otra parte, pueden ser accionados en sentido giratorio alrededor de su eje respectivo, mediante un impulso, estando la cámara de molienda parcialmente llena de cuerpos auxiliares de molido, que pueden moverse en forma aproximadamente libre en una mezcla de material a moler y de cuerpos auxiliares de molido, estando la cámara de molienda provista de una alimentación de material a moler y de una salida del material molido, con un dispositivo de separación de material molido y de cuerpos de molido; caracterizado porque el eje del agitador tiene una excentricidad respecto al eje longitudinal central de la cámara de molienda, porque en la zona de la pared cilíndrica de la cámara de molienda está previsto por lo menos un desviador fijo, orientado desde esta pared hasta la cámara de molienda y se extiende por una parte esencial de la longitud de la cámara de molienda, paralelo a su eje longitudinal central, con una superficie de desviación abierta hacia el eje longitudinal central; y porque el desviador está situado en la zona de transición hacia una zona estrecha de la sección de la cámara de molienda, en donde el eje del agitador está situado en la sección estrecha y está delimitado por un plano que atraviesa el eje longitudinal central, que es perpendicular a un plano fijado por eje longitudinal central y por el eje del agitador.

**Inventor(es) :** HERBERT DÜRR; DE

**Número de expediente:**PA/a/1993/006742

**Número de solicitud :** 9306742

**Fecha de presentación :** 28/10/1993

**Prioridad (es) :** EP92870178.8, 28/10/1992

**Clasificación :** B02C-015/008

**Título :** METODO Y DISPOSITIVO PARA MOLINO DE BOLAS GIRATORIO TUBULAR O MOLINO CON INSTRUMENTOS TRITURADORES SIMILARES.

**Resumen :** Se describe un método para un molino de bolas giratorio o un molino con instrumentos trituradores similares, que está dividido por lo menos en dos compartimientos trituradores y que se pasa por una corriente de aire de barrido desde corriente arriba hasta corriente abajo y está en un circuito cerrado; Dicho molino incluyendo por lo menos una partición de separación que, entre dos compartimientos trituradores forma un pequeño compartimiento delimitado por paredes corriente arriba y corriente abajo perforados con ranuras; dicha partición estando provista de medios para levantar el material, mientras que no tiene medios mecánicos para desviar el material corriente abajo, y el material siendo capaz de circular diametralmente a través del compartimiento pequeño de la partición; medios para regular la masa de material que pasa a través del molino, y medios para regular la cantidad de aire de barrido que pasa a través del triturador que está siendo provisto.

**Inventor(es) :** FRANCIS THOMART; Ottignies Louvain-la-Neuve Louvain-la-Nueve

BE 01341; BE

**Número de expediente:**PA/a/1992/007031

**Número de concesión :** 192621

**Número de solicitud :** 9207031

**Fecha de presentación :** 04/12/1992

**Prioridad (es) :** US802946, 06/12/1991

**Fecha de concesión :** 13/07/1999

**Clasificación :** B02C-019/006

**Título :** APARATO DE PROPOSITOS MULTIPLES PARA MOLER MATERIAL SOLIDO

**Resumen :** La presente invención se refiere a un aparato de molido de propósitos múltiples para la trituración y molido de finos de materiales sólidos con un consumo de energía reducido, que comprende: a) un molino de bolas provisto con un alimentador en un extremo, una cámara de descarga en su otro extremo, por lo menos dos cámaras de carga de bolas de un tamaño efectivo para el molido preliminar de trozos de material sólido en partículas pulverizadas, y por lo menos un diafragma entre las cámaras que separa a dichas por lo menos dos cámaras; b) un filtro; c) un primer medio de transporte neumático desde dicha descarga al filtro; d) un ventilador conectado con el filtro para el retiro de ligeros de dichas partículas pulverizadas producidos por el molino de bolas desde dicha descarga a lo largo de dicho primer medio de transporte neumático y dentro del filtro; e) un segundo medio de transporte neumático para transportar las partículas relativamente pesadas remanentes de las partículas pulverizadas producidas en el molino de bolas desde la cámara de descarga a un clasificador balístico primario; f) un molino de chorro que comprende por lo menos dos dispositivos de boquillas supersónicas convergentes unidas por una cámara de molido común; g) una bomba de dos cámaras; h) una cámara de aereación conectada entre dicha bomba y dicho molino de chorro; i) dicho clasificador balístico primario y un clasificador balístico secundario, cada uno para la separación de partículas ligeras que califican como producto final procedente de las partículas relativamente pesadas, j) un ciclón para la precipitación de partículas gruesas, dicho ciclón estando conectado a una entrada tanto del clasificador balístico primario como del clasificador balístico secundario que son alimentados tanto con partículas relativamente pesadas separadas en cada uno de los clasificadores respectivos, dicho ciclón está

además conectado a una salida del filtro para alimentar partículas ligeras desde el ciclón a dicho filtro, y conectado a una segunda salida a las dos bombas de cámara para alimentar partículas pesadas en forma seriada desde el ciclón a las dos bombas de cámara, a través de las cámaras de aereación, y a los dispositivos de boquillas supersónicas del molino de chorro; k) un tercer medio de transporte neumático que conecta una salida de la cámara del molino de chorro al clasificador secundario; l) un cuarto medio de transporte neumático para transportar continuamente el producto final en alejamiento de cada clasificador balístico y desde el filtro para su almacenamiento.

**Inventor(es)** : VLADIMIR K. ARTEMJEV; MX

**Número de expediente:**PA/a/2004/007431

**Número de concesión** : 254463

**Prioridad (es)** : US10/062,753, 01/02/2002

**Clasificación** : B02C17/14; B02C19/16

**Clasificación** : B02C19/16

**Título** : DISPOSITIVO Y METODO PARA PULVERIZACION CON MOLINO DE BOLAS TUBULAR AXIALMENTE ALTERNANTE.

**Resumen** : Se carga un recipiente tubular con una combinación de medios de pulverización y un material a ser pulverizado; el recipiente está tapado para contener el medio de pulverización y el material dentro del mismo; la pulverización del material contenido se lleva a cabo al mover alternantemente 5 el recipiente tapado en una dirección paralela a su eje longitudinal; el medio de pulverización puede comprender ya sea una bola o una pieza en tosco y puede además utilizar una pluralidad de bolas, quizás de diferentes tamaños; para incrementar el volumen, se pueden juntar una pluralidad de recipientes en un soporte de muestras; el soporte de muestras posteriormente es movido alternantemente en una dirección paralela a los ejes de los recipientes incluidos.

**Inventor(es)** : DEPPERMAN, KEVIN L.; 25 Walnut Knoll Court, 63304, St.

Charles, Missouri, E.U.A.; US

**Número de expediente:**PA/a/2006/011491

**Prioridad (es) :** US10/820,373, 08/04/2004

**Clasificación :** B02C17/16(2006.01)

**Título :** METODO DE PRUEBA PARA MOLINO DE BOLAS.

**Resumen :** La invención se refiere a un método de prueba para el diseño de un circuito de molienda autógeno o semi autógeno con cuando menos un molino de bolas para la molienda de mineral. En el método el mineral se prueba en dos etapas de prueba separadas usando la misma muestra de mineral de prueba.

**Inventor(es) :** John H. STARKEY; 344-115 George St., L6J 0A2, Oakville, Ontario, CANADA; CA

**Número de expediente:**PA/a/1929/030010

**Número de concesión :** 30010

**Fecha de presentación :** 22/01/1929

**Fecha de concesión :** 09/02/1929

**Clasificación :** 10-10

**Título :** Molino de bolas y criba grande en combinación

**Inventor(es) :** Arthur Fayette Levitt; US

**Número de expediente:**PA/a/1933/034206

**Número de concesión :** 34206

**Fecha de presentación :** 17/06/1933

**Fecha de concesión :** 14/08/1933

**Clasificación :** 10-3

**Título :** Clasificadora central para molino de bolas

**Inventor(es) :** Norberto aranzabal; MX

**Número de expediente:**PA/a/1946/022849

**Número de concesión :** 52143

**Número de solicitud :** 22849

**Fecha de presentación :** 18/11/1946

**Fecha de concesión :** 18/04/1952

**Clasificación :** 10-3

**Título :** MEJORAS EN UN APARATO Y METODO PARA TRITURAR.

**Resumen :** Un mecanismo clasificador para materiales finos, tal como un molino de bolas, que incluye medios para hacer girar un rotor; incluyendo dicho rotor una pared lateral flexible que se extiende circunferencialmente; una carga de bolas adaptada para marchar con dicha pared lateral, durante la rotación normal del rotor ; medios para entregar el material, que va a ser triturado, para mezclar con dicha bola; un miembro de impacto, normalmente fijo, situado dentro del espacio circundado por dicha pared, y medios para flexionar dicha pared, y para dirigir, de este modo, contra dicho miembro de impacto, la masa mezclada, de bolas, y material que está sufriendo la trituración.

**Inventor(es) :** Henry H. Talboys; US

**Número de expediente:**PA/a/1953/040119

**Número de concesión :** 56735

**Número de solicitud :** 40119

**Fecha de presentación :** 30/10/1953

**Prioridad (es) :** US

**Fecha de concesión :** 16/06/1956

**Clasificación :** 10-3

**Título :** MEJORAS EN O RALCIONADAS CON MINERAL MOLIDO Y PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIRLO.

**Resumen :** Un procedimiento para pulverizar mineral en un molino de bolas, caracterizado porque se alimenta al molino un mineral parcialmente

triturado en forma de una pulpa de densidad no mayor que la que es apropiada para la clasificación mecánica usual al tamaño límite deseado, hacer girar el molino con una velocidad lenta inferior a la que provoca la caída en cascada de las bolas, y relacionar la carga de las bolas con el diámetro de las bolas, el diámetro del molino, la velocidad de rotación del molino y la velocidad de la pulpa de manera a mantener encima el talón de la carga de bolas un charco de pulpa que tiene una profundidad de por lo menos 25 centímetros sobre el talón.

**Inventor(es)** : John F. Myers; US

**Número de expediente**: PA/a/1955/044766

**Número de concesión** : 61394

**Número de solicitud** : 44766

**Fecha de presentación** : 27/05/1955

**Título** : MEJORAS EN MOLINOS DE BOLAS.

**Resumen** : En un molino de bolas, una base normalmente fija, una sub-base montada sobre aquélla para rotación alrededor del eje previamente determinado, el tazón hueco sobre la sub-base para rotación en forma simultánea alrededor de un eje inclinado y convergente con respecto al primer eje, teniendo el tazón una abertura superior, medios para entregar normalmente a través de dicha abertura superior y dentro del interior del tazón una corriente generalmente constante de material por molerse, un cuerpo de medios para molido en el interior del tazón, medios para hacer girar en forma simultánea a la sub-base alrededor del eje primeramente mencionado y al tazón alrededor del eje último citado, a velocidades efectivas para mantener a los medios para molido y al material que se está moliendo en forma centrífuga contra la superficie interior del tazón, siendo efectiva la relación angular entre los dos ejes para impartir a dichos medios y material de movimiento substancialmente en forma de onda para arriba y para abajo a través de la superficie del tazón, siendo la abertura superior del tazón de diámetro suficiente para recibir la corriente de material por molerse en todas las posiciones del tazón y de la sub-base y medios de descarga generalmente dispuestos en forma anular en un extremo del tazón, alrededor de, pero espaciados radialmente del eje del tazón,

formados y adaptados para permitir el escape del material molido al mismo tiempo que se resiste al paso de los medios del molido.

**Inventor(es)** : Everett Chapman, Loren G. Symons; US

**Número de expediente:**PA/a/1958/052883

**Número de concesión** : 68289

**Número de solicitud** : 52883

**Fecha de presentación** : 28/11/1958

**Fecha de concesión** : 07/01/1965

**Clasificación** : 10-3

**Título** : MEJORAS RELATIVAS A REVESTIMIENTOS PARA MOLINOS DE BOLAS Y TUBOS.

**Resumen** : La presente invención se refiere a un revestimiento para un molino de bolas y tubos del tipo que tiene proyecciones y depresiones helicoidales interiores para obtener una separación de acuerdo con el tamaño de los cuerpos trituradores, en el que el revestimiento comprende barras de diferentes gruesos encorvadas en forma helicoidal y montadas una junto de otra sobre la caja del molino.

**Inventor(es)** : Per Olof Rosenqvist; SE

**Número de expediente:**PA/a/1957/050833

**Número de concesión** : 80610

**Número de solicitud** : 50833

**Fecha de presentación** : 27/04/1957

**Prioridad (es)** : FI191; FI1,814; FI727

**Prioridad (es)** : FI1,814

**Prioridad (es)** : FI727

**Fecha de concesión** : 02/05/1967

**Clasificación :** 10-6

**Título :** MEJORAS EN UN PROCEDIMIENTO DE PULVERIZACION DE MINERALES POR MEDIO DE MOLINOS DE BOLAS O DE BARRAS.

**Resumen :** La presente invención se refiere a mejoras en un procedimiento de pulverización de minerales por medio de molinos de bolas, de barras, tubos o similares, que comprende hacer girar el molino a una velocidad supercrítica tal, que la velocidad cuando se correlaciona con las características de la carga en caída, da como resultado una velocidad subcrítica de la carga para una velocidad supercrítica del molino.

**Inventor(es) :** Risto Tapani Hukki; FI

**Número de expediente:**PA/a/1967/094598

**Número de concesión :** 97569

**Número de solicitud :** 94598

**Fecha de presentación :** 11/03/1967

**Fecha de concesión :** 27/08/1969

**Clasificación :** 71-4

**Título :** MEJORAS A METODO Y APARATO PARA LAMINAR LOSAS METALICAS.

**Resumen :** La presente invención se refiere a un procedimiento mejorado para laminar una losa de metal a un espesor de hoja haciendo pasar la losa calentada a través de un molino planetario de bolas, la mejora caracterizándose por hacer pasar la losa calentada entre un par de rodillos de cantear ranurados, los cuales están separados uno con relación a otro para impartir una convexidad a los bordes de la losa, hacer pasar subsecuentemente la losa a través del molino planetario de bolas y ajustar el espaciamiento de los rodillos de cantear para obtener una convexidad que compense una concavidad de los bordes producidos por el molino planetario de bolas.

**Inventor(es) :** Anthony David Reinhardt; US

**Número de expediente:**PA/a/1966/096660

**Número de concesión :** 99634

**Número de solicitud :** 96660

**Fecha de presentación :** 23/06/1966

**Título :** MEJORADO A MOLINO DE BOLAS.

**Resumen :** La presente invención se refiere a mejoras a un molino de bolas que contiene una carga de cuerpos trituradores o remoladores sueltos pero desprovisto de diafragma para retener los cuerpos remoladores y que tienen un anillo de compuerta interconstruido que constituye un tabique entre una cámara trituradora y una cámara de descarga que tiene una salida para el material triturado, caracterizadas porque la cámara de descarga tiene cuando menos un tubo que se extiende esencialmente en espiral de la periferia de la cámara de descarga a un punto radialmente hacia adentro de la parte anular no perforada del anillo de compuerta para regresar los cuerpos trituradores o remoladores a la cámara de trituración a través del anillo de compuerta, con lo sin otros elementos para regresar los cuerpos trituradores, o remoladores a la cámara trituradora.

**Inventor(es) :** Niels Erik Hastrup; DK

**Número de expediente:**PA/a/1976/166066

**Número de concesión :** 143472

**Número de solicitud :** 166066

**Fecha de presentación :** 27/08/1976

**Prioridad (es) :** FR75/26585, 29/08/1975

**Fecha de concesión :** 18/05/1981

**Clasificación :** B02C-017/00

**Título :** MEJORAS A UNA INSTALACION PARA REGENERACION SISTEMATICA DE LA CARGA DE LOS MOLINOS DE BOLAS

**Resumen :** La presente invención se refiere a mejoras a una instalación para la regeneración sistemática de la carga de un molino de bolas, caracterizadas en que comprende: un dispositivo de medición del caudal

de material que consiste de un sistema integrador que proporciona señales espaciadas en el tiempo, correspondiendo el intervalo entre dos señales sucesivas, a la entrada de un tonelaje predeterminado de material en el molino, y un dispositivo de carga mandado por las señales mencionadas, para introducir en el molino, una carga de bolas cuya masa es determinada para compensar el desgaste de las bolas durante el período de tiempo que separa dos señales sucesivas.

**Inventor(es) :** FRANCIS DESRUMEAUX; FR

**Número de expediente:**PA/a/1978/172254

**Número de concesión :** 148800

**Número de solicitud :** 172254

**Título :** MEJORAS EN MOLINO DE BOLAS DISGREGADOR Y HOMOGENEIZADOR

**Resumen :** La presente invención se refiere a mejoras en molino de bolas disgregador y homogenizador, del tipo que comprende un cuerpo que constituye al elemento homogenizador-disgregador, un cuerpo motriz y elementos de transmisión entre ambos, comprendiendo una carcasa con placas horizontales de sostén a través de cojinetes sobre un zócalo de un árbol tubular solidario con el fondo de una cuba; el árbol presenta una prolongación tubular hacia el interior de la cuba; el árbol y la prolongación, alojan en el interior de un segundo árbol macizo, cuyo dos extremos sobresalen; el extremo superior queda dispuesto para fijar en él, un cubo provisto de un disco promovedor; los dos árboles comprenden su extremo interior, respectivas poleas receptoras de respectivas correas de transmisión, que las relacionan con otras poleas montadas sobre un mismo árbol motor de accionado, caracterizadas por el hecho de que los árboles accionadores de la cuba y del disco removedor son coaxiales y penetran en la cuba por el fondo de la misma; el árbol tubular presenta un cuerpo adosado al mismo, que comprende conductos de entrada y de salida, del líquido refrigerante en circuito cerrado, el cual comunica a través de conductores practicados en el mismo cuerpo del árbol, con una camisa refrigerante que cubre el fondo de la cuba y parte de su pared lateral; se preve un depósito colector dirigido al sumidero, para posible fugas de

liquido refrigerante; el curpo endosado al árbol tubular presenta un conjunto de retenes preventores de intercomunicaciones, el cual mantiene estanco el sistema refrigerador; la cuba comprende en su parte superior una boca de carga ; y un tamiz paa la descarga por centrifugacion del producto acabado, dispuesto en el plano horizontal de un arco de remate que tine su borde interior vuelto hacia adentro, el cual retiene el material que se va a centrifugar.

**Inventor(es) :** CARLOS OLIVER PUJOL; ES

**Número de expediente:** PA/a/1983/196850

**Número de concesión :** 156748

**Número de solicitud :** 196850

**Fecha de presentación :** 06/04/1983

**Prioridad (es) :** ES511189, 06/04/1982

**Fecha de concesión :** 28/09/1988

**Clasificación :** B02C-002/00

**Título :** MOLINO CONTRARROTANTE AUTOBALANCEADO

**Resumen :** La presente invención se refiere a un molino contrarrotante autobalanceado, caracterizado porque comprende dos rotores confrontados, cada uno de forma discoidal y cada uno acoplado a un motor que lo hace girar uno en dirección contraria al otro, cada rotor está dotado de una pluralidad de aros cilíndricos que se extienden desde la cara confrontada de cada rotor hasta una distancia intermedia entre los dos rotores, de modo que los bordes libres de dichos anillos queden espaciados pero solapados con los bordes libres de los anillos del rotor opuesto, con lo que se forman taludes del material en molienda, para evitar impactos directos entre el material y la superficie de los anillos, cada anillo, en la esquina que forma su borde sujetado el rotor, está dotado de un miembro tubular de forma anular complementaria, dentro del cual están contenidas cantidades predeterminadas de bolas de acero, mercurio y aceite, a fin de autobalancear el molino contra cualquier distribución desuniforme del material en los taludes, la alimentación a

moler haciéndose por el centro y la salida del material pulverizado realizándose por la periferia de dichos rotores, que se encuentran dentro de un alojamiento adecuado.

**Inventor(es) :** GUILLERMO SIGNES ROIG; ES

## ANEXO 1. INSTRUCCIONES DE USO DE MATRICES DE ANÁLISIS DE PATENTES

Las matrices de análisis de los documentos de patente con las que se desarrollaron los análisis técnicos, se encuentran en el DVD anexo. Estas matrices se pueden utilizar con el fin de que el lector ubique aquella de su interés de forma rápida por temática general o temática de componentes principales. En estas matrices encontramos 5 elementos principales:

1. **Números de patente:** Son hipervinculos que los llevan directamente a la patente en la base de datos por si el lector las requiere ver puntualmente, desde su fuente original.
2. **Títulos de patente:** Son los títulos originales tal y como lo emite la oficina de propiedad industrial receptora de los registros. Puede utilizarse como referencia rápida al contenido del documento. Cabe señalar que los títulos en materia de patente pueden ser muy ambiguos, por lo que se recomienda tomar al Título como una referencia de si está relacionada en lo general a lo que se busca o no lo está.
3. **Columnas con temas, componentes, etc.:** Cada columna indica algún tema, característica, componente, tipo, etc., Los temas (ubicados en la primera fila), normalmente se subdividen en características diversas (ubicados en la segunda fila). Aquellos documentos que son señalados con el número 1, contienen información relacionada y/o reivindican propiedad sobre ese tema/característica específica. Por lo que aplicando el filtro de excel en cada columna, buscando el número 1, se enlistan los documentos relacionados.
4. **Total de documentos relacionados:** Al final de cada columna, se muestra la suma de los documentos relacionados a un tema/característica específica. Este número indica el número de documentos relacionados a esa característica y son los mostrados en

las gráficas del análisis técnico. En ocasiones pueden correlacionarse diferentes características.

5. **Gráficas de documentos relacionados:** muestran el número de documentos relacionados a un tema o características relacionadas.

El presente trabajo incluye las siguientes matrices de análisis de patente:

**Matrices de patentes en el mundo relacionadas al tema:**

- A. **La Tabla “Cruda”** Contiene la base de datos de 1674 documentos de patentes analizados.
- B. **La Tabla “Filtrado y gráficas”** Contiene la base de datos de los 172 documentos de patentes y su análisis por reiteración de temas y componentes.

Cabe recordar que la base de datos de 1674 patentes se desarrolló utilizando el criterio de que deben de tener una relación directa con molinos de bolas para operaciones mineras y metalúrgicas-

Los datos de los documentos y el análisis de patente de las matrices antes señaladas, se encuentran en el DVD anexo. La impresión de dicha tabla implica más de 300 páginas, por lo que se recomienda su uso digital.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boisier, S., 1980. *Técnicas de análisis regional con información limitada*. Santiago de Chile: CEPAL.
- CAMIMEX, 2006. *100 años de la fundación de la Cámara Minera de México. Informe Anual 2006*, México, D.F.: Cámara Minera de México.
- CAMIMEX, 2008. *Informe Anual 2008*, México, D.F.: Cámara Minera de México.
- CAMIMEX, 2012. *Informe Anual 2012*, México, D.F.: Cámara Minera de México.
- CAMIMEX, 2013. *Informe Anual 2013*, México, D.F.: Cámara Minera de México.
- CAMINAR, 2012. *Agua y minería*. [En línea]  
Available at: <http://www.slideshare.net/AmericoArizacaAvalos/agua-y-mineria-14021735>  
[Último acceso: Junio 2013].
- Canadian Industry Programa for Energy Conservation C/O Natural Resources, 2005. *Benchmarking the energy consumption of Canadian underground bulk mines*. [En línea]  
Available at:  
<http://oee.nrcan.gc.ca/sites/oee.nrcan.gc.ca/files/pdf/publications/industrial/mining/bulk-mine/BulkMines-1939A-Eng.pdf>
- CONAPO, 2011. *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*, México, D.F.: Conapo.
- Cortinas de Nava, C., 2007. *Instituto Nacional de Ecología*. [En línea]  
Available at:  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetitas/155/cortinas.html>  
[Último acceso: 30 Mayo 2013].
- Fuentes, N., 2003. Encadenamientos insumo-producto en un municipio fronterizo de Baja California, México. *Frontera Norte*, Enero-Junio, 15(29), pp. 151-184.
- Fuentes, N., 2005. Construcción de una matriz regional de insumo producto. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, Enero-Marzo, 36(140), pp. 90-112.
- Gidahatari Agua, 2012. *Slideshare*. [En línea]  
Available at: <http://www.slideshare.net/gidahatari/gestion-de-relaves-mineros>  
[Último acceso: 03 Junio 2013].
- Gidahatari, 2012. *Gestion del agua en minería*. [En línea]  
Available at: <http://www.slideshare.net/gidahatari/gidahatari-curso-gestiondelaguaenmineria>  
[Último acceso: Junio 2013].
- Gobierno del Estado de San Luis Potosí, 2013. Inaugura FTF Unidad Minera "Rosario". *Boletines de Prensa*, 07 Mayo. Issue 3138.

Gobierno del Estado de Sonora, s.f. *Plan Estatal de Desarrollo 2009-2012*. [En línea]

Available at:

[http://www.sonora.gob.mx/es/Sonora/Plan\\_Estatal\\_de\\_Development](http://www.sonora.gob.mx/es/Sonora/Plan_Estatal_de_Development)

[Último acceso: 18 Agosto 2013].

Gobierno del Estado de Zacatecas, 2011. *Plan Estatal de Desarrollo 2011-2016*. [En línea]

Available at:

<http://transparencia.zacatecas.gob.mx/?q=transparencia/plan-estatal-de-desarrollo-del-estado-de-zacatecas-2010-2016>

[Último acceso: 22 Agosto 2013].

Gutiérrez, L., 2005. *La Provincia de los Llanos. Charcas 1550 a 1610*. San Luis Potosí: Consorcio Mass Media y Vox Populi S.A. de C.V..

Gutiérrez, L. P., 2005. *La Provincia de los Llanos. Charcas 1550 a 1610*. San Luis Potosí: Consorcio Mass Media y Vox Populi S.A. de C.V..

H. Ayuntamiento de Charcas, 2013. *H. Ayuntamiento del municipio de Charcas, S. L. P.*. [En línea]

Available at: <http://www.charcas-slp.gob.mx/>

[Último acceso: 30 Agosto 2013].

H. Ayuntamiento de Charcas, 2013. *Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015. Periódico Oficial del Estado Libre y Soberano de San Luis Potosí*, 31 Enero.

H. Congreso del Estado de San Luis Potosí, 2001. *Ley de Planeación del Estado y Municipios de San Luis Potosí*. San Luis Potosí: Instituto de Investigaciones Legislativas.

INEGI, 2010. *Censo de Población y Vivienda 2010. Consulta interactiva y bases de datos de la muestra censal*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.gob.mx>

[Último acceso: 22 Junio 2013].

INEGI, 2012. *La minería en México 2012. Serie Estadísticas Sectoriales*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.org.mx>

[Último acceso: 04 Julio 2013].

INEGI, 2013 a. *Banco de Información Económica*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

[Último acceso: 02 Julio 2013].

INEGI, 2013 b. *Censos Económicos 2004. Consulta interactiva de datos*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.org.mx>

[Último acceso: 18 Junio 2013].

INEGI, 2013 c. *Censos Económicos 2009. Sistema Automatizado de Información Censal*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.org.mx>

[Último acceso: 15 Junio 2013].

INEGI, 2013 d. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.gob.mx>

[Último acceso: 28 Junio 2013].

INEGI, 2013 e. *II Conteo de Población y Vivienda 2005. Consulta interactiva de datos*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.org.mx>

[Último acceso: 29 Junio 2013].

INEGI, 2013 f. *XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Consulta interactiva de datos*. [En línea]

Available at: <http://www.inegi.org.mx>

[Último acceso: 25 Junio 2013].

Isard, W. et al., 1998. *Methods of interregional and Regional Analysis*.

Vermont: Ashgate Publishing Limited.

Knight, J., 2000. *Patent Strategy for Researchers and Research Managers*. J. Wiley & Sons: s.n.

Lira, L. & Quiroga, B., 2009. *Técnicas de Análisis Regional*, Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación.

Maskus, K. E., 2000. *Intellectual Property Rights in the global economy*. s.l.:Institute for international economics.

Moreno, D., s.f. *México Tóxico*. [En línea]

Available at:

[http://www.mexicotoxico.org.mx/sites/default/files/pdf/jales\\_mineros\\_epa1.pdf](http://www.mexicotoxico.org.mx/sites/default/files/pdf/jales_mineros_epa1.pdf)

[Último acceso: 30 Mayo 2013].

Palacio de Minería, 2010. *Palacio de Minería*. [En línea]

Available at:

[http://www.palaciomineria.unam.mx/historia/epo\\_colonial.php#](http://www.palaciomineria.unam.mx/historia/epo_colonial.php#)

[Último acceso: 3 Junio 2013].

Pastran, A. & Barrera, J., s.f. *Embalses*. [En línea]

Available at: <http://www.slideshare.net/aldars/embalses>

[Último acceso: 5 Junio 2013].

Rolfe, J., Lockie, S. & Franetovich, M., 2003. *Economic and Social Impacts of the Coppabella Mine on the Nebo Shire and the Mackay Region*, Australia: Centre for Social Science Research. Central Queensland University. Rockhampton.

Rolfe, J., Lockie, S. & Franetovich, M., 2003. *Economic and Social Impacts of the Copabella Mine on the Nebo Shire and the Meckay Region*, Australia: s.n.

Secretaría de Economía de los Estados Unidos Mexicanos, 2013. *Secretaría de Economía*. [En línea]

Available at:

<http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/1806/1/i>

[images/Mineria\(1\).pdf](#)

[Último acceso: Mayo 2013].

Secretaría de Economía, 2004. *NOM 141*. [En línea]

Available at:

[http://www.siam.economia.gob.mx/swb/work/models/siam/Resource/18/1/images/NOM-141\\_PRESA\\_DE\\_JALES.pdf](http://www.siam.economia.gob.mx/swb/work/models/siam/Resource/18/1/images/NOM-141_PRESA_DE_JALES.pdf)

[Último acceso: 7 Junio 2013].

SEDECO, 2011. *Perfiles de las principales actividades estratégicas para la atracción de inversiones*. [En línea].

Southern Copper Grupo México, 2011. *Informe Anual*, s.l.: s.n.

Tamayo, R., 1998. Crecimiento económico regional: una sinopsis de la teoría y su conexión explícita con las políticas públicas. Primer semestre .pp. 5-24.

Wikipedia, 2013. *Represa*. [En línea]

Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Represa>

[Último acceso: 3 Junio 2013].





## COLOFON