

“CONCEPTOS Y PLANTAS MOVILES PARA TRATAR MINERALES DE ORO”

Por: Simón Walker, Mining International.

*Traducido por: Emiliano Soto. Cía. Minera Techno Placer Ltda. y
Eric Fellenberg, Geólogo, Cía. Minera Santa Cecilia Ltda.*

Si observamos algunas de las primeras fotografías tomadas a una unidad de tratamiento de oro, es muy probable que ésta sea una unidad móvil. En efecto, en estos últimos cien años, esta actividad ha utilizado en la recuperación de oro casi exclusivamente plantas móviles, aspecto que refleja la cantidad de descubrimientos individuales y el incremento de la complejidad metalúrgica de la recuperación, más bien que el masivo abandono de las plantas fijas.

Es bien conocida la historia de la antigua Grecia, sobre Jason y los Argonautas y su búsqueda del vello-cino de oro, que es una de las primeras referencias que se recuerdan de un procesamiento de mineral. El concepto ha cambiado poco y, si vamos a cualquier planta pequeña de recuperación de oro, en cualquier lugar del mundo, veremos los trozos de viejos felpudos, tela de

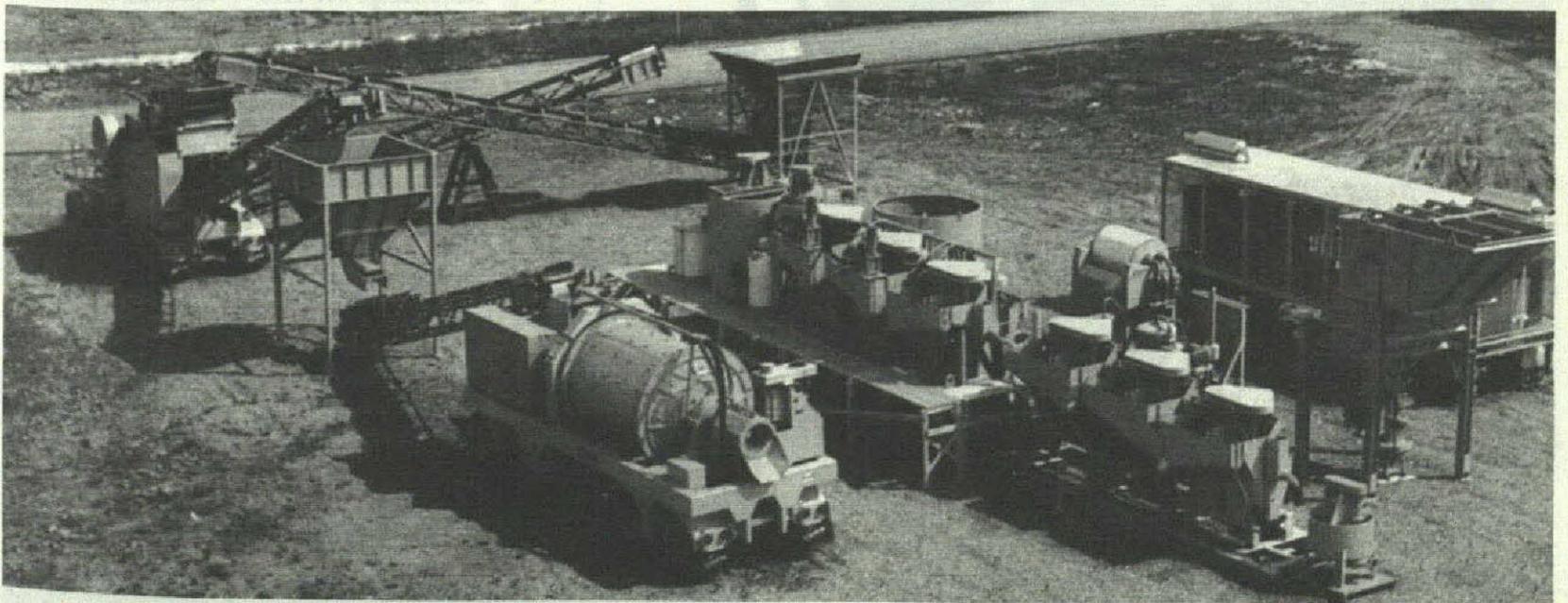
“La mayoría de los yacimientos auríferos, son a menudo de pequeñas dimensiones y se encuentran dispersos. El uso de plantas portátiles para recuperar oro es un viejo concepto, que está siendo constantemente puesto al día”.

algodón gruesa, sacos, frazadas que han sido colocadas en el lecho de grava en los arroyos para coleccionar las partículas de oro. El concepto es el mismo, sólo los materiales han

cambiado.

Tomemos un ejemplar de RE METALLICA, y observemos los grabados del siglo XVI, que muestra a los mineros europeos utilizando canaletas de madera para la separación gravitacional, y comparémosla con las fotos tomadas durante la fiebre del oro en el siglo XIX en varias partes del mundo. Mejor aún, comparémoslas con los métodos de recuperación de oro que se usan hoy en muchas partes de Africa, América Latina y el Lejano Oriente, y está claro que los mismos conceptos están en uso, aunque el tiempo y el lugar pueden haber cambiado.

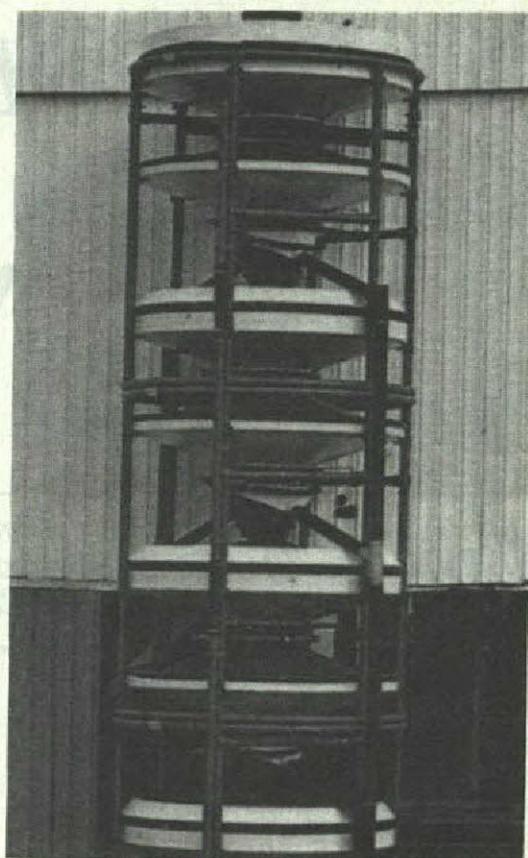
No fue hasta el descubrimiento de los grandes yacimientos de oro a fines del siglo pasado, que las técnicas de procesamiento cambiaron los métodos tradicionales. Las primeras plantas no diferían mucho en su proceso tecnológico utilizado, sino



Planta portátil

en lo que se refiere a la alimentación de ellas. El Mineral duro era chancado, pero la separación por gravedad y amalgamación era todavía el método empleado, una situación que no cambió hasta la introducción masiva de la cianuración, al comienzo de la Primera Guerra Mundial.

Llegaron los días del minero, ese hombre que ha sido responsable de todo lo que ha descubierto en el Nuevo Mundo. Los grandes negocios habían tomado a su cargo la industria, la minería del oro y la fijación del precio del oro; poco incentivo a los mineros para buscar nuevos yacimientos, especialmente pequeños. A pesar de esto, permanecía un esforzado grupo de mineros y prospectores cuyo número creció y disminuyó en relación a las fortunas del mundo de la época. En Norteamérica, Australia y otros países con más desarrollo industrial, los años 30 vieron un mercado oscilante en el número de gente tratando de alcanzar un medio de vida con sus "challas" y "canaletas",



Concentrador de cono Reichert

mientras que la irrupción de la Segunda Guerra Mundial obligaba a los gobiernos a restringir el número de mineras "no esenciales".

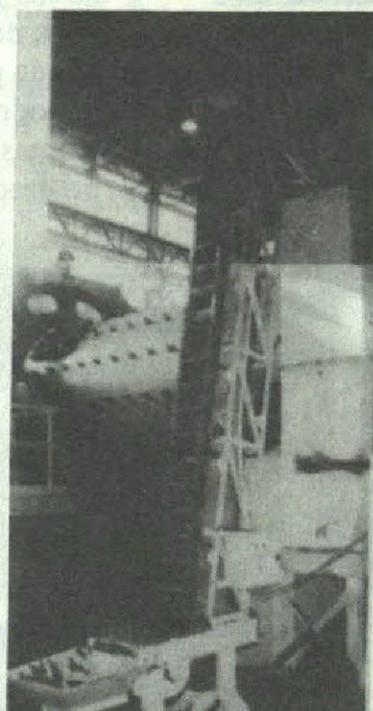
Sin embargo, posterior a esta si-

tuación, el factor que fue más significativo en instigar la vuelta del minero, en el sector aurífero, fue la desregularización del precio del oro en la década del 70. Con la subida del oro a precios nunca soñados, con la viabilidad de explotación de muchos yacimientos pequeños de baja ley, al extremo que, en los últimos 15 años, se ha visto el desarrollo de lo que se puede llamar "una fiebre internacional del oro".

En todo el mundo, la producción de oro en pequeña escala ha subido y, con ello, ha vuelto un resurgimiento en la utilización de Plantas Móviles de tratamiento. No todas se basan en los tradicionales jigs y canaletas, ya que la separación por gravedad es todavía un proceso, sino también, dominante en este nivel de producción de oro, mientras que modernas tecnologías han permitido la utilización de la flotación y de plantas de cianuración, si no totalmente portátiles, al menos, proporcionalmente portátiles.

Minermat LTDA

- Equipos de precipitación por Zinc Merrill-Crowe de 12 a 300 TPD de soluciones y otros implementos de Refinación para ORO y PLATA.
- Cañerías, Fittings y Bombas para manejo de soluciones en PE de alta densidad. Flota completa de Máquinas de Termofusión rangos 3/4" a 32" Día.
- Carpetas y estanques para Cianuración y Lixiviación en Pilas y sus implementos de rociado.
- Transportadores (Elevadores) de Alta Pendiente para Minerales y otros materiales (hasta 85°).
- FABRICACION DE EQUIPOS ESPECIALES PARA BENEFICIO DE MINERALES.
- INGENIERIA DE PROCESOS Y CONSTRUCCION COMPLETA DE PLANTAS PARA ORO, PLATA, Y COBRE.



Américo Vespucio 1020 - Pudahuel.
Casilla 77 - Correo 29 - Providencia.
Fono: 719021-(4 líneas). Telex 440476 MINER CZ.
MINERMAT INC. Tucson Arizona (Subsidiaria)

40 AÑOS SIRVIENDO A LA INDUSTRIA CHILENA

- * Trabajos en rieles de ferrocarril, desviadores, cruzamientos y travesías.
- * Elevadores, montacargas, polipastos, grúas, puentes y torres.
- * Máquinas, herramientas, tornos, fresas, taladros, prensas, guillotinas y plegadoras
- * Estructuras, proyectos especiales y servicio técnico.
- * Servicios en cepillos puente hasta 6 mts., tornos, taladros, etc.

ROYAL

maestranza/fca. de maquinarias
ROSENBERG & CIA. LTDA.

Guérnica 4697 Tel. 792620 Cas. 4749
Télex 94260 ROSENMAQ SANTIAGO

CONCEPTOS DE PLANTA MOVIL

En los inicios de la recuperación del oro, las plantas se construyeron con materiales que se disponían en el lugar. La posibilidad de desarraigar el equipo y trasladarlo a otros lugares era simple, aunque la poca duración de la construcción forzaba a frecuentes reconstrucciones o reparaciones.

Hoy día, el acero ha reemplazado las amarras de cuerdas y clavos. Las plantas se construyen para un uso más prolongado y su costo es muy superior a las armadas con materiales tomados en el lugar.

Para el minero de hoy, el equipo tiene que pagarse su trabajo, y es el caso que el uso de las plantas móviles en esta situación ofrecen ventajas significativas sobre otras técnicas de recuperación.

Uno de los criterios fundamentales para el uso de plantas móviles debe constituir la mantención de una reserva de mineral suficientemente grande, aunque no necesariamente en un solo lugar, que justifique el costo de compra del equipo. Por otra parte, el uso de plantas transportables, construidas en una unidad semiportátil, móviles o portátiles, permiten un menor tiempo de iniciación de las actividades, comparado a la construcción y puesta en marcha de una planta permanente. En términos financieros, esto conduce directamente a una generación más rápida de un flujo positivo de caja y una recuperación más rápida del capital, elementos esenciales para el éxito de una operación minera pequeña.

Esto da además flexibilidad en la alimentación de la planta. En la situación donde un yacimiento es más extenso de lo que originalmente se pensó, la capacidad de tratamiento puede ser aumentada rápidamente con la adición de otros equipos a la unidad ya instalada. Estos no necesitan estar en el mismo lugar, aunque pueden estar en posición de dar mejor uso de capacidad de tratamiento en una ubicación fija. Una ventaja importante en el uso de plantas móviles es que los problemas de Medio Ambiente pueden

ser minimizados. Esto por supuesto es menor, en el caso de las plantas que utilizan procedimientos químicos en la recuperación del oro, pero generalmente el impacto de una planta móvil en el medio ambiente es substancialmente menor que una planta fija.

Se puede apreciar que el uso de plantas móviles de procesamiento de oro tiene ventajas, especialmente para el pequeño minero. En ciertas partes del mundo, principalmente en los Estados Unidos, es posible comprar plantas de oro para oro de lavadero, si se viaja a través de áreas mineras de Arizona, California, Idaho y otros estados del oeste, donde se puede observar el mercado existente de estas máquinas, las que aún cuando difieran en detalles, en general es el mismo concepto de trabajo: grava, alimenta un tromel que lava y selecciona por tamaño. La fracción requerida, resultante de la alimentación, es procesada —generalmente por gravedad— para recuperar el oro libre.

Este concepto simple ha sido mejorado en años recientes, agregándole separadores de tipo cono, los cuales, por el uso de la fuerza centrífuga, da una separación mejorada de las partículas de concentración, equipos que son utilizados en unión con canaletas, las cuales sólo recuperan efectivamente partículas de oro grueso. De este modo, la recuperación de las plantas móviles ha aumentado significativamente por la introducción de este equipo.

PLANTAS PORTATILES

La distribución geográfica de los fabricantes de plantas portátiles y móviles de recuperación de oro, tiende a reflejar fuertemente los mercados donde se concentra el uso de estos equipos. Los fabricantes se encuentran predominantemente en Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Australia y Sudáfrica. Hay que asumir también que la Unión Soviética tiene capacidad de producir este tipo de plantas para uso de sus lavaderos en Siberia y en otras localidades, pero la información en detalle y cuantitativa del uso de plantas móviles en ese país, no se encuentra

disponible.

Cuando se trata con un mercado tan amplio como el de las plantas de recuperación de oro, conocer cada equipo es prácticamente imposible. Muchos mineros inventan sus propias plantas de equipos copiados de otras fuentes, muchas de ellas muy buenas, ejemplos del arte del individuo van a encontrarse donde quiera que existan pequeñas operaciones mineras de oro. En general, el tamaño y complejidad de las plantas varían enormemente, desde la planta piloto en miniatura, la que puede ser llevada a la espalda, a las unidades que requieren varios camiones de transporte, las que en común tienen una sola movilidad.

Ejemplos de una típica planta pequeña del mercado, dejando fuera las mini-plantas prospectoras y plantas piloto diseñadas exclusivamente para propósito de prueba, es la planta de lavado de 15 m³/hora, desarrollada por **International Resource Development** (Estados Unidos), que consta de una unidad de jigs y una mesa de concentrado para elevar la ley del concentrado, a su vez, la planta de lavado utiliza un pequeño tromel para lavar y dimensionar la alimentación de la grava. Es completamente móvil, y puede ser remolcada por un vehículo standard, o puede ser diseñada para ser montada en una plataforma para ser tirada. El tromel usa dos mallas para producir tres productos: sobremedida, de menos 1 pulgada y menos de 3/8 de pulgada. La sobremedida es descartada, la fracción media es procesada para atrapar oro grueso y la fracción fina es sometida a vibraciones.

También se han hecho versiones más grandes de la planta con alimentación de 225 m³/hora, pero lo principal permanece igual al diseño original. Es necesario señalar que en toda planta es indispensable romper los terrones de arcilla en el alimentador. La arcilla tiene la tendencia a no desintegrarse en el tromel, especialmente si no hay suficiente agua para lavar, y tiene la tendencia de tomar forma de bolas, las cuales van al rechazo y pueden arrastrar cantidades significativas de oro fino. Las

recuperaciones pueden ser dramáticamente reducidas y, si este problema no es resuelto, pueden tornar crítico el éxito de la operación.

El diseño de la planta tradicional, descrito anteriormente, puede ser modificado. Uno de los tipos de equipos que pueden ser incluidos en el circuito de proceso es el espiral, originalmente desarrollado para la concentración de arenas de playa, pero se le ha encontrado un uso alternativo en plantas de recuperación de oro. Entre los fabricantes líderes de este tipo de equipos, se encuentra **Mineral Deposits** (Australia), que incluye espirales en el diseño de plantas mineras de lavaderos. Esta compañía cuenta con una línea de plantas portátiles y móviles, con capacidad desde 2 ton/hora hasta 20 ton/hora alimentadas desde un tromel. Plantas más grandes que ésta deben ser montadas en plataformas, no encuadrándose con el enfoque de este artículo.

Las ventajas de los espirales en un circuito de recuperación de oro, es su falta de componentes mecánicos, no es necesaria el agua fresca para su uso y debe ser liviana su construcción. Los espirales pueden ser usados donde existe oro de menos de 500 micrones.

La tendencia para la utilización y desarrollo de los espirales nace del hecho que la recuperación del oro fino, tanto de mina como de lavadero pueden ser a medida, para requerimientos de alimentación especial, los costos operacionales se han minimizado con la capacidad de un banco de espirales que permiten una mejor alimentación e instalar más unidades por área en el espacio destinado a la planta, conduciendo todo esto a una reducción en los requerimientos de costos de capital.

En muchas plantas modernas, el concentrado grueso de los espirales, es llevado a un separador tipo cono centrífugo para entregar un producto final enriquecido.

Otro fabricante de plantas auríferas para uso de pequeños mineros o para ser llevadas a remotas partes es **Vardax**, de Estados Unidos. Esta compañía ha exportado sus equipos a Canadá, Liberia, Costa Rica, Tai-

landia y a varios países de Latinoamérica. En cada caso, la clave ha sido lo portátil, y las plantas procesadoras han sido llevadas a sitios remotos en camiones, barcos y por helicópteros.

Como dato ilustrativo, esta compañía fabrica unidades de refinera para metal doré en el lugar de producción. El proceso es hidrometalúrgico, utilizando un sistema de recuperación con bolitas de resina, permitiendo que se vea el producto final.

Otro ejemplo de la forma en que las plantas pueden ser transportadas, lo tenemos en Zaire, donde una planta de 190 toneladas, fabricada por **Van Eck And Lurie** (Sudáfrica), fue llevada por aire, en secciones, por un Boeing 747 desde Kinshasa, luego por camión por más de 2.000 kms hasta el lugar de trabajo en el norte del país, cerca de la República Central Africana. La instrumentación delicada, fue entregada en forma separada.

Siete plantas de menor capacidad, pero también exportadas a Africa, con capacidad de 10 ton/hora, fueron construidas por **Richards** (Inglaterra). Esta compañía provee plantas con capacidad desde 2.200 ton/hora, diseñadas generalmente con equipo jig - tromel - grizzly. Cada unidad está equipada con su propio generador, y son plantas adecuadas de ser utilizadas en yacimientos en proceso de relaves de antiguos yacimientos.

DISEÑOS MODULARES

La construcción modular también es un modelo de plantas diseñadas por **Minpro** (Canadá), constituida originalmente para proveer equipos reacondicionados, ha desarrollado una línea de molinos modularizados, jigs, condensadores, clasificadores y sistemas Merrill-Crowe.

Las plantas de chancado para trituración de rocas, pueden también ser móviles, y la compañía ha fabricado plantas modulares de recuperación de oro, con capacidades desde 75 ton/d a 100 ton/día. Todas están basadas en circuitos de cianuro/flotación o flotación. Las opcio-

nes por gravedad están además disponibles, y las plantas de hasta 500 ton/día son consideradas factibles con este sistema modular.

Un concepto similar fue utilizado por **Mitchell Cotts** (Inglaterra), para la construcción de una planta móvil que se entregó a la mina Patricia en Australia Occidental. Basado en la premisa de que el mineral a tratar es oxidado, fácil de trabajar y muy conveniente para cianuración, la planta se diseñó de seis módulos: chancado y hameado, molino fino y clasificación; lixiviación por agitación, absorción por carbón activado, filtrado; recuperación de oro y regeneración del carbón y, finalmente, servicios y reactivos. Cada módulo está montado en patines, y mide no más de 4.5 mts de alto por 4.5 de ancho y por 15 mts de largo en posición de transporte, y cuyo peso no excede de 50 toneladas. Esta planta está dimensionada para tratar 20 ton/hora, y el aspecto portátil de su construcción significa que es apropiada para usarla donde los yacimientos de mineral aurífero son pequeños, pero las reservas agregadas del lugar, hace que el uso de una unidad portátil, sea práctica y económica.

Una de las primeras compañías en poner en operación las ventajas de las plantas portátiles, fue **Sala** (Suecia). El concepto de Caravan, aplicado al proceso de minerales, utiliza módulos montados en remolques, que pueden ser remolcados de un lugar a otro, según sea la necesidad. Esta compañía ha entregado unas 30 plantas portátiles modulares en todo el mundo. Se incluye en este total una planta de flotación/gravedad de 250 ton/día que fue ordenada por la mina de Tarton Lake, en Canadá, mientras que en otras partes, como clientes de Chile y Bolivia, han recibido pequeñas plantas portátiles para tratar oro aluvial, transportables en camión y con una capacidad de sólo 3 - 4 ton/hora.

En una escala similar de operación está el equipo producido por **Joy Process Equipment** (Inglaterra). La unidad tromel-jig Denver, usada para procesos a pequeña escala de yacimientos aluviales de oro, tienen

una capacidad de 3 - 4 m³/hora y sólo pesa 2.8 tons, mientras que otro equipo, el Denver Gold Saver, de 2 m³/hora —unidad compuesta por un tromel y rifles— ha sido diseñada para usarla en la evaluación de lavaderos auríferos. Este equipo puede ser separado en secciones individuales de no más de 80 kgs para facilitar su transporte.

El Gold Miser de la **Humphreys Process Equipment** (Estados Unidos), utilizado en la tarea de evaluación de yacimientos, es esencialmente un equipo similar a los anteriores en su diseño y capacidad de tratamiento de mineral. Se construyen unidades capaces de tratar hasta 150 m³/hora, diseñadas para recibir una alimentación tipo dragline o de cargadores frontales. Los jigs Panamerican y la línea de espirales de la compañía son semejantes en diseño al resto de las plantas. Humphreys puede además proveer un amalgamador continuo, con capacidad de 0.9 - 1.1 ton/hora de concentrados secos.

Si el lavadero presenta un gran porcentaje de rocas, entonces la solución puede ser la unidad Deroker, diseñada por **RMS Ross** (Canadá), impulsada por su propio equipo diesel enfriado por aire. El Derocker puede tomar rocas de 1.2 metros de tamaño en su alimentador, que es empujada hacia la unidad, la cual separa el material grueso de la fracción requerida por medio de un movimiento de ondulación en su cubierta en descenso. El Material grueso pasa justo a través de la cubierta, siendo lavado permanentemente y descartado, mientras que el material que lleva el oro pasa a través de las aberturas de la cubierta y desde allí a la cantera convencional. Cuando hay oro muy fino y plano presente en el material, la compañía provee un concentrador pulsador, el cual aumenta la recuperación mediante el uso de un lecho de arena fluidizado sobre estrías. Sin embargo, la unidad por la cual la compañía es más conocida es por Ross Box, que es una canaleta móvil montada en patines, que tiene capacidades entre 75 y 750 m³/hora.

CONOS Y RUEDAS

Uno de los conceptos más intere-

santes que se han desarrollado en la industria minera de lavaderos de oro en los últimos años ha sido el uso de los separadores de conos cóncavos. El cono giratorio utiliza la fuerza centrífuga para aumentar el efecto de separación por gravedad. Unidades de varios metros de diámetro están disponibles en los Estados Unidos. Sin embargo, los tambores cóncavos más comunes que se usan son mucho más pequeños.

A pesar de la proliferación de diseños locales que se encuentran en muchas operaciones de oro aluvial, hay dos fabricantes principales que lo proveen en el mundo.

El concentrador **Knelson** (Canadá) usa un cono perforado que gira a 400 rpm, generando una aceleración centrífuga de 60 G. El agua se inyecta a través de perforaciones desde fuera del cono, bajo presión, dando un efecto de presión contraria que ayuda a separar las partículas verdaderamente pesadas en la entrada del material. El material que va ser concentrado —el flujo que sale de las canaletas de lavado o el producto fino que sale del tromel— se alimenta al concentrador a través de un tubo vertical central, y las partículas livianas son separadas por lavado, mientras que las partículas pesadas son atrapadas en torno a los costados del cono estriado por la fuerza centrífuga.

La unidad trabaja en sistema bach y para eso se requiere vaciarla regularmente, quedando un concentrado apropiado al que se le puede elevar su ley en una mesa vibratoria de equipo similar. Se encuentra en desarrollo una unidad capaz de efectuar la operación en forma continua y las capacidades que son proporcionales al diámetro del concentrador van de 0.6 m³/hora para un cono de 6 pulgadas, hasta 19 m³/hora para una unidad de 30 pulgadas.

De un diseño diferente, aunque operando con el mismo principio físico, es el cono Knudsen fabricado por **Duke'S Manufacturing** (Estados Unidos), con una capacidad de 6 - 8 ton/hora; de alimentación harneada y una velocidad de rotación de 100 rpm, donde el cono

utiliza fuerza centrífuga simple para concentrar los minerales pesados.

El cono está fabricado de aluminio fundido y tiene una coraza de goma removible con estrías concéntricas de arriba a abajo. El vaciado del concentrado se hace de una sola vez, el que es realizado simplemente parando la entrada de alimentación, sacando el tapón del fondo del cono.

Finalmente, para limpiar los concentrados de mineral hameado, lavado y pasado por canaletas, pasado por el cono, por mesa o que se ha ejecutado cualquier otro proceso de separación que pueda ser considerado efectivo, y antes de utilizar la amalgamación o algún método de refinación, aún se puede subir más la ley de concentrado. En esta instancia, una rueda (challa automática) puede ser la respuesta.

La unidad es apropiada para concentrados que contengan la mayoría de las granulometrías del oro, aparte del ultrafino atomizado. Sus ruedas constan de un acanalado en especial concéntrico en su superficie interior, sobre la cual las partículas más pesadas migrarán, mientras la rueda gira lentamente y el agua fluye lentamente sobre la superficie acanalada, para lavar hacia abajo las partículas más livianas. El ángulo de inclinación de la rueda, su velocidad de rotación y la cantidad de flujo de agua puede ser controlada para optimizar la concentración de partículas de oro, a medida que ellas se encaminan hacia el centro de la rueda y de allí pasar a través de un pequeño orificio, son llevadas a un container colector ubicado en su parte trasera.

De este modo, se puede observar que actualmente existe una amplia y variada línea de equipos móviles para el minero del oro, como asimismo que muchos de los principios en uso, han resistido la prueba del tiempo y que ellos en sí mismo dan lugar a un adecuado tributo a los mineros que, desde tiempos pasados, utilizaron estos principios en sus plantas móviles sencillas.

