

DRAGALINAS

CUADERNO DE DESCRIPCIÓN Y PRÁCTICAS DE MAQUINARIA EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

Equipo de trabajo:

Juan Herrera Herbert

(juan.herrera@upm.es)

Jorge Castilla Gómez

(jorge.castilla@upm.es)

Alberto Simarro Cemborain

Copyright © 2014. Todos los derechos reservados

Diseño de cubiertas e interiores: Los autores.

Universidad Politécnica de Madrid
Departamento de Ingeniería Geológica y Minera
Laboratorio de Tecnologías Mineras

ADVERTENCIA

El presente documento ha sido preparado con una finalidad exclusivamente divulgativa y docente. Las referencias a productos, marcas, fabricantes y estándares que pueden aparecer en el texto, se enmarcan en esa finalidad y no tienen ningún propósito comercial.

Todas las ideas que aquí se desarrollan tienen un carácter general y formativo y el ámbito de utilización se circunscribe exclusivamente a la formación de los estudiantes de la UPM. La respuesta ante un caso particular requerirá siempre de un análisis específico para poder dictaminar la idoneidad de la solución y los riesgos afrontados en cada caso, además de las incidencias en los costes de explotación. Consulte siempre a su ingeniería, consultor, distribuidor y fabricante de confianza en cada caso.



Este documento ha sido formateado para su visualización y uso en dispositivos electrónicos y permitir ahorrar en el consumo de papel y tóner.
Antes de imprimirlo, piense si es necesario hacerlo.

Índice de la obra

1. DRAGALINAS DE ORUGAS	5
1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	5
1.2. OPERACIONES BÁSICAS	7
1.3. APLICACIONES.....	8
1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	10
1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	12
1.6. VENTAJAS.....	14
1.7. DESVENTAJAS.....	14
2. DRAGALINAS DE ZANCAS	15
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA.....	15
2.2. OPERACIONES BÁSICAS	17
2.3. APLICACIONES.....	20
2.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	21
2.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES.....	26
2.6. VENTAJAS.....	27
2.7. DESVENTAJAS.....	28

1. DRAGALINAS DE ORUGAS

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Las dragalinas no son máquinas que estén estandarizadas en su construcción. Debido a su alto coste inicial, se realiza un gran esfuerzo para ajustar el diseño y las especificaciones de las mismas a las condiciones de trabajo con vistas a optimizar el rendimiento.

Sus características principales son:

- Accionamiento diésel.
- Capacidad de cazo de hasta 14 m³.
- Longitudes de pluma de 27 a 60 m.



- Potencias de 550 a 2000 HP
- Peso en servicio de 170 a 3400 t.
- velocidades de desplazamiento de 1,6 km/h.
- Ángulos de pluma de 30 a 60 grados.
- Diámetro de cables de hasta 7 cm.
- Contrapeso móvil.



Las partes principales de una dragalina son:

- Mecanismo de traslación.
- Chasis giratorio.
- Bastidor en "A".
- Mástil.
- Pluma.
- Mecanismo de arrastre y elevación.
- Cazo.
- Cabina.



1.2. OPERACIONES BÁSICAS

El ciclo de trabajo de una dragalina consta de las siguientes seis fases:

- Lanzamiento e hinca del cazo. Con el cable de arrastre el maquinista acerca el cazo a la máquina y al mismo tiempo tira del cable de elevación para mantener el cazo en el aire. Suelta el cable de arrastre y, una vez rebasada la vertical del extremo de la pluma por la cuchara, va soltando cable de elevación con cuidado para que el cazo caiga en el lugar de excavación deseado.
- Carga del cazo. Una vez que el cazo se encuentra sobre el terreno, se recoge cable de arrastre, a la vez que se suelta cable de elevación, con lo cual se va realizando la excavación y el cazo va llenándose conforme se aproxima a la máquina. Normalmente el cazo se llena una vez recorrido una distancia equivalente a 2 o 2,5 veces su longitud.
- Elevación del cazo. Cuando éste se encuentra lleno y próximo a la dragalina, se eleva mediante el cable de elevación, en combinación con el

cable de arrastre para evitar el vuelco de la cuchara.

- Giro de la dragalina. Se produce el giro de la superestructura hacia el lugar de descarga. Los ángulos de giro normalmente varían entre 45 y 120 grados.
- Descarga. Una vez colocada la máquina en el punto de descarga, se suelta el cable de arrastre y se tira del de elevación, con lo que la cuchara, al llegar bajo el extremo de la pluma, se pone automáticamente en posición de descarga y los materiales se vacían sobre la escombrera.
- Giro de la dragalina. Después de efectuar la descarga, la máquina gira sobre la corona para repetir el ciclo.

1.3. APLICACIONES

Las dos aplicaciones más comunes de las dragalinas actuales se encuentran en la explotación de yacimientos de carbón y fosfato por el método de descubierta. En las minas de fosfato estas máquinas, además de arrancar el estéril, se utilizan para excavar el mineral, eliminándose así la necesidad de otros equipos.



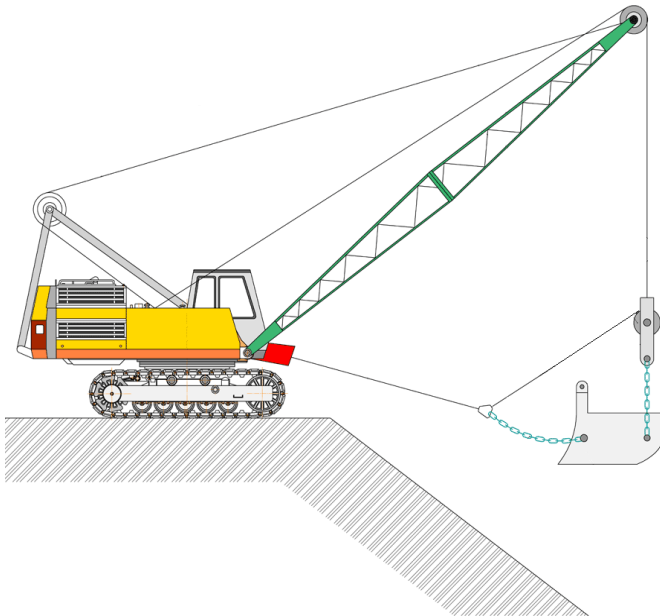


Otro campo de aplicación de las dragalinas es el de la extracción de gravas en las terrazas de los cauces. La extracción de estos materiales se realiza en muchos casos por debajo del nivel de agua. En tales situaciones, estas máquinas deben competir con las retroexcavadoras y las cucharas de arrastre.

Aunque tienen capacidad para trabajar por encima del nivel de orugas, los rendimientos caen drásticamente, por lo que sólo se opera de esa forma en situaciones especiales.

Las pequeñas dragalinas se emplean en yacimientos muy superficiales y, más frecuentemente, realizando algunas de las operaciones siguientes:

- Carga del estéril o mineral sobre volquetes.
- Excavación y limpieza de balsas y presas de residuos.
- Nivelación y remodelado de terrenos.
- Apoyo a la explotación de yacimientos multicapa.



1.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las partes más importantes son:

- **Mecanismo de traslación.** En el caso de las unidades más pequeñas el sistema que emplean es el de orugas.
- **Base de apoyo.** Las dragalinas de orugas se apoyan con el tren de rodaje directamente sobre el terreno.
- **Chasis giratorio.** Es la plataforma, de tipo celular, que soporta el resto de la máquina. En su interior se encuentran los ejes de los mecanismos de giro, los anillos rozantes alrededor del eje de rotación y el contrapeso de la máquina en la parte posterior.
- **Bastidor en "A".** Es la estructura a la que van fijados los cables de suspensión del mástil, que se precisa en las máquinas grandes, o de la pluma, en las pequeñas. Está constituida por dos pares de vigas, unidas en su extremo superior. En la parte inferior se fijan al chasis giratorio

mediante bulones. Las vigas cajón van unidas entre sí por otras vigas más ligeras dispuestas transversalmente, que le aportan una gran solidez al bastidor.

- **Mástil.** Es una estructura metálica de celosía, a cuyo extremo superior se fijan los cables de suspensión de la pluma. El extremo inferior se une al chasis giratorio mediante bulones, mientras que el superior se une al chasis en A con cables o con vigas. Las dragalinas de oruga que son más pequeñas pueden no tener mástil.
- **Pluma.** En el caso de las dragalinas de orugas va suspendida por su parte superior directamente del bastidor en A y va fijada en su extremo inferior al chasis giratorio mediante bulones, está construida también por una estructura de celosía. Es la parte de la máquina más delicada y la que define el alcance de la misma. Las estructuras tubulares que la componen, se rellenan con gas inerte a presión, que sirve para detectar mediante un manómetro la existencia o aparición de grietas que pudieran producirse por los esfuerzos que deben soportar.
- **Mecanismo de arrastre y elevación.** El arrastre de la cuchara se efectúa mediante cables que en un lado están arrollados a un tambor y en el otro fijados a las orejetas del cazo mediante unas cadenas. La entrada de los cables a la sala de máquinas se realiza a través de sistemas de poleas-guía, con diferentes diseños y configuraciones. El mecanismo de elevación de la cuchara es similar al de arrastre, con la particularidad de que entre el cable de elevación y el cazo existe un aparejo del que se suspenden dos cadenas que se fijan en los flancos del cazo.
- **Mecanismo de giro.** El giro de la máquina se consigue por la acción de los piñones, por lo menos dos, que poseen los mecanismos de giro y que se engranan en la corona dentada fijada a la base. El chasis superior se apoya sobre la estructura de la base por medio de una pista o corona de rodillos cónicos de aleación de acero, que se mantienen equidistantes mediante una chapa circular que soporta a su vez la tubería de engrase. Este sistema proporciona una buena distribución del peso de la máquina durante toda la operación.
- **Sistema eléctrico.** En las unidades de orugas que son más pequeñas no hay este sistema, ya que son accionadas por motores diésel.
- **Cazo.** Los cazos de las dragalinas son totalmente metálicos y se construyen mediante piezas de fundición y soldadura. Debido a los fuertes impactos y desgastes que deben soportar, disponen de piezas de material resistente en áreas críticas. Los cazos se unen a los cables de elevación y

arrastré mediante cadenas de acero fundido resistentes a la abrasión. La configuración de los cazos es la de una caja abierta por la cara lateral enfrentada a la máquina, que sirve de entrada del material, y también por la cara superior. En el borde de ataque el fondo del cazo se disponen los dientes de acero que sirven para efectuar la excavación. Las paredes laterales del cazo, además de ir unidas por la parte posterior, en ocasiones se refuerzan por medio de un arco de suspensión sobre el cual se sujeta el cable de volteo para la descarga. El peso y la geometría del cazo influyen significativamente en la capacidad de penetración sobre los materiales a excavar y en el rendimiento del ciclo de trabajo.

- **Cabina.** Va situada en la parte delantera y en uno de los lados de la máquina y, en algunas unidades en ambos, para disponer de la máxima visibilidad durante la operación.
- **Escaleras y pasarelas.** El acceso a estos equipos se realiza mediante escaleras y pasarelas.
- **Equipos auxiliares.** Las dragalinas poseen diversos equipos auxiliares tales como: sistema de engrase, equipo de alumbrado, sistema de presurización y ventilación, Puente grúa, red de aire comprimido y sistema de comunicación.

1.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

Los métodos de trabajo que hay con la dragalina son:

- **Método convencional.** Al iniciar la excavación de un módulo debe efectuarse un primer corte cuidando el talud; éste se denomina "corte llave" y su finalidad es facilitar después el arranque del material restante. La dragalina se coloca con su eje alineado con el corte, desde esa posición efectúa la primera excavación, teniendo cuidado de que los cables no rocen con las paredes laterales. Con los estériles de esa excavación se construye un primer montículo, cuyo pie toca el mineral y sirve de base de apoyo para el resto de material procedente del módulo. De esta manera se garantiza la posibilidad de descubrir y recuperar todo el mineral.
- **Método de banqueo en avance.** Se utiliza éste método cuando se precisa un nivel de operación más bajo que la superficie original, o el horizonte superior está constituido por un material poco consolidado y de reducida capacidad portante, o cuando la topografía es irregular. Normalmente, el banco superior adelantado se excava con una anchura

igual a la del módulo de trabajo, estando la dragalina situada a una cota intermedia. El material procedente de ese banco se deposita apoyado en el talud del estéril del banco principal.

- **Método del banco extendido.** Se aplica cuando se produce un incremento de la potencia del recubrimiento o un cambio eventual en el terreno, que hace que la dragalina no disponga de alcance suficiente. El método consiste en la creación de una plataforma de trabajo provisional con los estériles procedentes del corte principal. El inconveniente de este sistema es el doble manejo de estéril que se produce.
- **Método de arrastre hacia atrás.** Es un sistema alternativo al anterior. Y además de poderse aplicar en las situaciones ya descritas, es posible utilizarlo en yacimientos multicapa, con una o dos dragalinas. En el primer caso, la máquina va depositando el estéril como en el método convencional pero al no tener alcance suficiente, el material reposa cubriendo parcialmente al mineral, por lo que es preciso su doble manejo colocando posteriormente el equipo sobre la escombrera.
- **Otros métodos en yacimientos simples.** Existen numerosas combinaciones que pueden adoptar las dragalinas, las más destacadas son:
 - Banqueo extendido intermedio con empleo de dos dragalinas. Es una combinación del convencional y del banco extendido. Una dragalina colocada en la superficie excava el banco superior depositando el estéril en el fondo del hueco anterior. Estos escombros junto con la nueva plataforma creada, constituirán el nivel de trabajo de la segunda dragalina.
 - Método de terrazas. Es una extensión del método anterior, aplicable cuando los espesores de recubrimiento son mayores y en el que se utilizan tres o más dragalinas.
 - Métodos en yacimientos multicapa. Dentro de este grupo se encuadran una gran variedad de métodos aplicados actualmente al aprovechamiento de yacimientos con diversos niveles mineralizados. Estas planificaciones son más complejas y muchos de los métodos desarrollados son modificaciones o variantes de los métodos ya descritos.

1.6. VENTAJAS

- Profundidad de excavación de hasta 45 m.
- Radios de vertido de hasta 55 m.
- Altura de vertido de hasta 38 m.
- Buena capacidad para remontar pendientes.
- Pluma con posibilidad de elevarse o descenderse.
- Buena visibilidad del operador.
- Buen rendimiento de excavación en terrenos medios duros.
- Vida útil de hasta 50.000 h.
- Como excavan por debajo del nivel de apoyo, se elimina el coste de extracción vertical asociado con el transporte con volquetes u otros sistemas.
- Debido a su capacidad para girar y descargar a distancias apreciables, se prescinde en muchos casos de unidades de transporte.
- Tienen capacidad para excavar y transportar materiales con un alto porcentaje de bolos o bloques.
- Dado que la operación se realiza con la máquina en posición estática durante el arranque y transporte del material, las condiciones ambientales adversas no influyen significativamente.

1.7. DESVENTAJAS

- Alto costes inicial.
- Las distancias de transporte están limitadas a la longitud de la pluma de la máquina.
- Movilidad limitada con velocidades de hasta 1,6 km/h.
- Equipos de trabajo de dos hombres por unidad en algunos casos.
- Mantenimiento realizado en su totalidad en el tajo.
- Se precisa una alta destreza de los operadores.
- Maquinas no desmontables para su traslado a otro lugar.

2. DRAGALINAS DE ZANCAS

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA

Las dragalinas no son máquinas que estén estandarizadas en su construcción. Debido a su alto coste inicial, se realiza un gran esfuerzo para ajustar el diseño y las especificaciones de las mismas a las condiciones de trabajo con vistas a optimizar el rendimiento.

Sus características principales son:

- Accionamiento eléctrico.
- Capacidad de cazo de hasta 170 m³.
- Potencias de 1200 a 24000 HP.
- Pesos en servicio de 450 a 13600 t.



- Longitudes de pluma de 50 a 115 m.
- Velocidades de desplazamiento de hasta 0,25 km/h.
- Pendiente remontable de hasta el 8%.
- Alimentación eléctrica por cable.
- Módulos de accionamiento de cada función con motores múltiples y separados.
- Ángulos de las plumas de 30 a 40 grados.
- Diámetros de cables de hasta 11 cm.
- Contrapeso permanente.

Las partes principales de una dragalina son:

- Mecanismo de traslación.
- Chasis giratorio.
- Bastidor en "A".
- Mástil.
- Pluma.
- Mecanismo de arrastre y elevación.
- Cazo.
- Cabina.





2.2. OPERACIONES BÁSICAS

El ciclo de trabajo de una dragalina consta de las siguientes seis fases:

- Lanzamiento e hinca del cazo. Con el cable de arrastre el maquinista acerca el cazo a la máquina y al mismo tiempo tira del cable de elevación para mantener el cazo en el aire. Suelta el cable de arrastre y, una vez rebasada la vertical del extremo de la pluma por la cuchara, va soltando cable de elevación con cuidado para que el cazo caiga en el lugar de excavación deseado.



- Carga del cazo. Una vez que el cazo se encuentra sobre el terreno, se recoge cable de arrastre, a la vez que se suelta cable de elevación, con lo cual se va realizando la excavación y el cazo va llenándose conforme se aproxima a la máquina. Normalmente el cazo se llena una vez recorrido una distancia equivalente a 2 o 2,5 veces su longitud.



- Elevación del cazo. Cuando éste se encuentra lleno y próximo a la dragalina, se eleva mediante el cable de elevación, en combinación con el cable de arrastre para evitar el vuelco de la cuchara.
- Giro de la dragalina. Se produce el giro de la superestructura hacia el lugar de descarga. Los ángulos de giro normalmente varían entre 45 y 120 grados.
- Descarga. Una vez colocada la máquina en el punto de descarga, se suelta el cable de arrastre y se tira del de elevación, con lo que la cuchara, al llegar bajo el extremo de la pluma, se pone automáticamente en posición de descarga y los materiales se vacían sobre la escombrera.
- Giro de la dragalina. Después de efectuar la descarga, la máquina gira sobre la corona para repetir el ciclo.



2.3. APLICACIONES

Las dos aplicaciones más comunes de las dragalinas actuales se encuentran en la explotación de yacimientos de carbón y fosfato por el método de descubierta. En las minas de fosfato estas máquinas, además de arrancar el estéril, se utilizan para excavar el mineral, eliminándose así la necesidad de otros equipos.

Otro campo de aplicación de las dragalinas es el de la extracción de gravas en las terrazas de los cauces. La extracción de estos materiales se realiza en muchos casos por debajo del nivel de agua. En tales situaciones, estas máquinas deben competir con las retroexcavadoras y las cucharas de arrastre.

Aunque tienen capacidad para trabajar por encima del nivel de orugas, los rendimientos caen drásticamente, por lo que sólo se opera de esa forma en situaciones especiales.

Las pequeñas dragalinas se emplean en yacimientos muy superficiales y, más frecuentemente, realizando algunas de las operaciones siguientes:

- Desmante del estéril en yacimientos explotados por transferencia.

- Excavación y limpieza de balsas y presas de residuos.
- Nivelación y remodelado de terrenos.
- Apoyo a la explotación de yacimientos multicapa.

Las mayores unidades, que son unidades con zancas y capacidad de cazos superiores a los 20 m³, se emplean como equipos principales de producción a varios relevos y durante los siete días de la semana.



2.4. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las partes más importantes son:

- **Mecanismo de traslación.** El mecanismo de zancas es usado por las dragalinas de gran capacidad y mayor tamaño. Existen tantos diseños como fabricantes, pero en esencia consisten en unas excéntricas, en forma de levas, unidas a unas zapatas y accionadas independientemente por motores eléctricos sincronizados. Para mover los equipos se giran las

excéntricas de forma que: primero, se apoyan las zapatas sobre el terreno y, si continúa el giro, se eleva el cuerpo de la máquina, para seguidamente conseguir un pequeño desplazamiento de ésta hacia atrás. Cada traslación es de 2 a 3,5 m, según las dimensiones de la dragalina, con unos ciclos de unos 40 s. Durante la fase de trabajo las zapatas permanecen en posición elevada sobre el terreno, a unos 50 o 60 cm de éste, con la máquina apoyada sobre la base de apoyo.



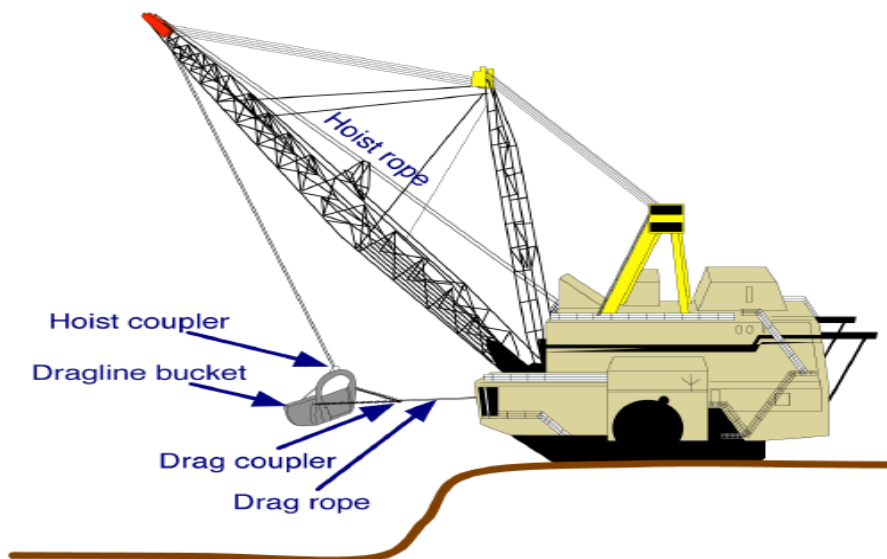
- **Base de apoyo.** Las dragalinas de zancas poseen una base de apoyo de forma circular y construcción cilíndrica recta que transmite al terreno el peso de la máquina. Este componente se construye con chapas de acero formando una estructura soldada celular o radial de alta resistencia. En la parte central, y solidario a la base se encuentra el eje de giro de la máquina.
- **Chasis giratorio.** Es la plataforma, de tipo celular, que soporta el resto de la máquina. En su interior se encuentran los ejes de los mecanismos de giro, los anillos rozantes alrededor del eje de rotación, los ejes de las

levas del sistema de zapatas y los mecanismos de traslación en ambos laterales y el contrapeso de la máquina en la parte posterior.

- **Bastidor en "A".** Es la estructura a la que van fijados los cables de suspensión del mástil, que se precisa en las máquinas grandes, o de la pluma, en las pequeñas. Está constituida por dos pares de vigas, unidas en su extremo superior. En la parte inferior se fijan al chasis giratorio mediante bulones. Las vigas cajón van unidas entre sí por otras vigas más ligeras dispuestas transversalmente, que le aportan una gran solidez al bastidor.



- **Mástil.** Es una estructura metálica de celosía, a cuyo extremo superior se fijan los cables de suspensión de la pluma. El extremo inferior se une al chasis giratorio mediante bulones, mientras que el superior se une al chasis en A con cables o con vigas.
- **Pluma.** Va suspendida por su parte superior al mástil y va fijada en su extremo inferior al chasis giratorio mediante bulones, está construida también por una estructura de celosía. Es la parte de la máquina más delicada y la que define el alcance de la misma. Las estructuras tubulares que la componen, se rellenan con gas inerte a presión, que sirve para detectar mediante un manómetro la existencia o aparición de grietas que pudieran producirse por los esfuerzos que deben soportar.



- **Mecanismo de arrastre y elevación.** El arrastre de la cuchara se efectúa mediante cables que en un lado están arrollados a un tambor y en el otro fijados a las orejetas del cazo mediante unas cadenas. La entrada de los cables a la sala de máquinas de las dragalinas se realiza a través de sistemas de poleas-guía, con diferentes diseños y configuraciones. El mecanismo de elevación de la cuchara es similar al de arrastre, con la particularidad de que entre el cable de elevación y el cazo existe un aparejo del que se suspenden dos cadenas que se fijan en los flancos del cazo.
- **Mecanismo de giro.** El giro de la máquina se consigue por la acción de los piñones, por lo menos dos, que poseen los mecanismos de giro y que se engranan en la corona dentada fijada a la base. El chasis superior se apoya sobre la estructura de la base por medio de una pista o corona de rodillos cónicos de aleación de acero, que se mantienen equidistantes mediante una chapa circular que soporta a su vez la tubería de engrase. Este sistema proporciona una buena distribución del peso de la máquina durante toda la operación.
- **Sistema eléctrico.** Las dragalinas grandes son generalmente accionadas eléctricamente. Los grupos de motor- generadores se sitúan siempre en la parte posterior de la sala de máquinas para servir adicionalmente de

contrapeso. La alimentación de estos equipos se efectúa mediante cable, desde una subestación transformadora, generalmente móvil y próxima al área de trabajo. Los cables son trifásicos, apantallados, con conductor de tierra y línea piloto para garantizar la correcta puesta a tierra y detectar posibles cortes. La entrada del cable a la máquina se realiza por la parte frontal de ésta con el fin de no interferir durante los desplazamientos.



- **Cazo.** Los cazos de las dragalinas son totalmente metálicos y se construyen mediante piezas de fundición y soldadura. Debido a los fuertes impactos y desgastes que deben soportar, disponen de piezas de material resistente en áreas críticas. Los cazos se unen a los cables de elevación y arrastre mediante cadenas de acero fundido resistentes a la abrasión. La configuración de los cazos es la de una caja abierta por la cara lateral enfrentada a la máquina, que sirve de entrada del material, y también por la cara superior. En el borde de ataque el fondo del cazo se disponen los dientes de acero que sirven para efectuar la excavación. Las paredes laterales del cazo, además de ir unidas por la parte posterior, en ocasiones se refuerzan por medio de un arco de suspensión sobre el cual se sujeta el cable de volteo para la descarga. El peso y la geometría del cazo influyen significativamente en la capacidad de penetración sobre los

materiales a excavar y en el rendimiento del ciclo de trabajo.

- **Cabina.** Va situada en la parte delantera y en uno de los lados de la máquina y, en algunas unidades en ambos, para disponer de la máxima visibilidad durante la operación.
- **Escaleras y pasarelas.** El acceso a estos equipos se realiza mediante escaleras y pasarelas.
- **Equipos auxiliares.** Las dragalinas poseen diversos equipos auxiliares tales como: sistema de engrase, equipo de alumbrado, sistema de presurización y ventilación, Puente grúa, red de aire comprimido y sistema de comunicación.

2.5. PRÁCTICAS OPERACIONALES

Los métodos de trabajo que hay con la dragalina son:

- **Método convencional.** Al iniciar la excavación de un módulo debe efectuarse un primer corte cuidando el talud; éste se denomina "corte llave" y su finalidad es facilitar después el arranque del material restante. La dragalina se coloca con su eje alineado con el corte, desde esa posición efectúa la primera excavación, teniendo cuidado de que los cables no rocen con las paredes laterales. Con los estériles de esa excavación se construye un primer montículo, cuyo pie toca el mineral y sirve de base de apoyo para el resto de material procedente del módulo. De esta manera se garantiza la posibilidad de descubrir y recuperar todo el mineral.
- **Método de banqueo en avance.** Se utiliza éste método cuando se precisa un nivel de operación más bajo que la superficie original, o el horizonte superior está constituido por un material poco consolidado y de reducida capacidad portante, o cuando la topografía es irregular. Normalmente, el banco superior adelantado se excava con una anchura igual a la del módulo de trabajo, estando la dragalina situada a una cota intermedia. El material procedente de ese banco se deposita apoyado en el talud del estéril del banco principal.
- **Método del banco extendido.** Se aplica cuando se produce un incremento de la potencia del recubrimiento o un cambio eventual en el terreno, que hace que la dragalina no disponga de alcance suficiente. El método consiste en la creación de una plataforma de trabajo provisional con los estériles procedentes del corte principal. El inconveniente de este sistema

es el doble manejo de estéril que se produce.

- Método de arrastre hacia atrás. Es un sistema alternativo al anterior. Y además de poderse aplicar en las situaciones ya descritas, es posible utilizarlo en yacimientos multicapa, con una o dos dragalinas. En el primer caso, la máquina va depositando el estéril como en el método convencional pero al no tener alcance suficiente, el material reposa cubriendo parcialmente al mineral, por lo que es preciso su doble manejo colocando posteriormente el equipo sobre la escombrera.
- Otros métodos en yacimientos simples. Existen numerosas combinaciones que pueden adoptar las dragalinas, las más destacadas son:
 - Banqueo extendido intermedio con empleo de dos dragalinas. Es una combinación del convencional y del banco extendido. Una dragalina colocada en la superficie excava el banco superior depositando el estéril en el fondo del hueco anterior. Estos escombros junto con la nueva plataforma creada, constituirán el nivel de trabajo de la segunda dragalina.
 - Método de terrazas. Es una extensión del método anterior, aplicable cuando los espesores de recubrimiento son mayores y en el que se utilizan tres o más dragalinas.
 - Métodos en yacimientos multicapa. Dentro de este grupo se encuadran una gran variedad de métodos aplicados actualmente al aprovechamiento de yacimientos con diversos niveles mineralizados. Estas planificaciones son más complejas y muchos de los métodos desarrollados son modificaciones o variantes de los métodos ya descritos.

2.6. VENTAJAS

- Profundidad de excavación de hasta 60 m.
- Alturas de vertido de hasta 50 m.
- Alta maniobrabilidad, en términos de cambios direccionales.
- Visibilidad del operador excelente.
- Buen rendimiento de excavación en terrenos de medios a duros.
- Alta fiabilidad de las máquinas.
- Vidas útiles en operación de hasta 100.000 h.
- Costes de operación bajos.

- Como excavan por debajo del nivel de apoyo, se elimina el coste de extracción vertical asociado con el transporte con volquetes u otros sistemas.
- Debido a su capacidad para girar y descargar a distancias apreciables, se prescinde en muchos casos de unidades de transporte.
- Tienen capacidad para excavar y transportar materiales con un alto porcentaje de bolos o bloques.
- Dado que la operación se realiza con la máquina en posición estática durante el arranque y transporte del material, las condiciones ambientales adversas no influyen significativamente.

2.7. DESVENTAJAS

- Inversión inicial grande.
- Las distancias de transporte tienen que ser cortas.
- Movilidad limitada. Velocidad de 0,25 km/h.
- Posición fija de la pluma.
- Equipos de trabajo necesarios de 2 a 4 operadores.
- Alta destreza del personal de operación.
- Equipos auxiliares necesarios para limpiar y preparar la plataforma del banco de trabajo.
- Mantenimiento de los equipos en el tajo.