# Exitosa implementación de tecnologías innovadoras en un trabajo de explotación a cielo abierto: estudio de un caso concreto sobre un Surface Miner

La implementación de tecnologías nuevas en un proyecto de explotación minera puede conllevar cambios sumamente positivos para la empresa y muchas ventajas comerciales. Dicha integración va acompañada de una serie de desafíos que, en ocasiones, pueden ser la causa del rechazo de la tecnología nueva. De ahí que la planificación detallada, la buena gestión sólida del proyecto, buenas relaciones con el cliente y la evaluación precisa de indicadores representativos de rendimiento sean los aspectos esenciales para el control del proceso de implementación y la eliminación de riesgos.

El proyecto de explotación a cielo abierto de carbón de piedra de New Acland en Queensland (Australia) muestra la eficacia de procesos estructurados. En esta mina, se integró con mucho éxito una innovadora máquina de extracción, el Surface Miner 4200 SM de Wirtgen, en la flota existente de máquinas, después de que quedaran demostradas sus ventajas en cuanto a la protección laboral y de la salud, la seguridad en el trabajo, las influencias del medio ambiente, la productividad, la distribución granulométrica, las pérdidas en la extracción de carbón, la contaminación del carbón y los costes de explotación.

El siguiente informe es un resumen de la tesis de máster sobre el tema «Comparación del sistema continuo de extracción Surface Miner con el método de explotación convencional en la mina a cielo abierto de New Acland Coal» redactada en cooperación con la New Acland Coal Mine, la Escuela Técnica Superior de Renania/Westfalia (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, RWTH) de Aquisgrán, Alemania, y de Wirtgen GmbH.

¿«Nunca cambies un sistema que funciona»? Tradición versus innovación

La práctica ha demostrado que la introducción de nuevas tecnologías en un proyecto de extracción minera suele fracasar con relativa frecuencia, ya que no siempre se dominan suficientemente los retos conexos. Por consiguiente, la preparación profesional del proyecto es imprescindible para conseguir la aceptación de nuevas tecnologías en la minería.

La industria minera se caracteriza por una cultura profesional muy marcada, cuya influencia sobre la puesta en práctica exitosa de proyectos innovadores no debe desdeñarse. Muchos gerentes gestionan sus empresas mineras con la mentalidad de «nunca cambies un sistema que funciona». Es por ello que, para poder impulsar la introducción de nuevas tecnologías, muchos fabricantes de máquinas tienen que tener en cuenta otros aspectos adicionales, además del rendimiento mecánico de la máquina. Pese a que un proceso detallado de implementación conlleva un mayor gasto de recursos, es de suma importancia comprobar en la práctica las ventajas del sistema innovador. Solo cuando se haya integrado eficazmente un sistema en varias minas aumentará el interés de la industria minera por esta nueva tecnología y, por consiguiente, la confianza en la misma.

A continuación, se describe la forma de proceder para la implementación del Surface Miner 4200 SM de Wirtgen en la mina a cielo abierto de New Acland Coal (NAC).

Un yacimiento con altas exigencias en cuanto a la explotación selectiva

NAC es una mina a cielo abierto para la extracción de carbón de piedra, situada en Queensland/Australia a 35 km al noroeste de Toowoomba, gestionada por New Acland Coal Pty Ltd. que, a su vez, forma parte del New Hope Group. Desde 2002, NAC explota carbón de piedra; la explotación anual asciende a aprox. 5 millones de toneladas de carbón térmico.

En este emplazamiento algo alejado trabajan más de 300 personas que viven en los lugares cercanos. NAC es uno de los empleadores más importantes y contribuye en gran medida al dinamismo económico de la región. Dado que la NAC se encuentra muy cerca de una zona residencial, es preciso cumplir unas normativas medioambientales muy estrictas. Sobre todo, las emisiones de ruido y polvo son críticas y se pretende reducirlas. La instalación de tratamiento de carbón de piedra se encuentra en el terreno de la mina a cielo abierto. Una vez realizado el tratamiento in situ, el carbón térmico se transporta en ferrocarril a Brisbane y, en el puerto, se carga en barcos para la exportación.

El yacimiento de NAC consta de varios filones de carbón con un espesor de 0,3 a 3 m, interrumpidos por bandas intermedias de material estéril del mismo espesor. En la zona de explotación hay más de 40 filones. Esta gran cantidad de filones impone altas exigencias a la extracción selectiva. Teniendo en cuenta las características del yacimiento, la forma de trabajar del Surface Miner de Wirtgen ofrece un gran potencial para la optimización de la cadena de procesos de la NAC. La idea fundamental era reducir la cantidad de máquinas de extracción, para así incrementar el control de los procesos de extracción y conseguir una mayor precisión en la extracción de carbón.

El 4200 SM se puso en servicio en junio de 2014 y, desde entonces, se utiliza para la explotación de carbón y bandas intermedias de material estéril, de forma selectiva. La formación profesional para el uso de la máquina comenzó con la remoción del terreno de recubrimiento. La decisión de NAC de probar el empleo del Surface Miner en la mina estaba estrechamente vinculada con grandes expectativas relacionadas con una mayor productividad, menores gastos de explotación, un mejor aprovechamiento del yacimiento gracias a unas pérdidas menores durante la extracción de carbón, menor contaminación del carbón y, por ende, una mejor calidad del carbón en bruto, simplificación del proceso de extracción y una menor contaminación del medio ambiente. A fin de confirmar las expectativas en la práctica, de junio a septiembre de 2014 se realizó un estudio detallado y estructurado que sirvió de evaluación del rendimiento del Surface Miner de Wirtgen y que estaba basado en el análisis de unos indicadores definidos del rendimiento.

Surface Miner de Wirtgen: configuración individual para cada proyecto

Desde hace más de 30 años se aplica la tecnología de los Surface Miner en la minería. Wirtgen es el líder tecnológico y del mercado con más de 500 máquinas vendidas en todo el mundo. El 4200 SM con dispositivo de carga directa corta, tritura y carga el material en un solo paso. Por consiguiente, sustituye varios pasos de trabajo convencionales. Dependiendo de los requisitos del proyecto, el Surface Miner también es capaz de verter lateralmente el material en el llamado «modo de sidecast». La versión alternativa de «cut-to-ground» requiere una modificación del Surface Miner. Dotado de otra caja del tambor y sin cinta de descarga, el 4200 SM coloca el material en la parte trasera de la máquina en forma de hileras en el llamado procedimiento de «windrow». Con el 2200 SM/2200 SM 3.8, el 2500 SM y el 4200 SM, Wirtgen ofrece tres clases de rendimiento que se pueden configurar de forma variable y en función del proyecto. Este informe se concentra en el modelo 4200 SM, empleado en NAC.

Con sus 1623 CV, es el Surface Miner más potente de Wirtgen y pesa unas 200 t. Su tambor de corte se encuentra en el centro, entre la unidad de oruga delantera y la trasera y está dotado de picas que cortan el material. Los portapicas están montados en el tambor de corte, siguiendo una disposición específica de acuerdo con la aplicación. La cantidad de picas, la distancia entre líneas y el diseño de las picas forman parte de los parámetros especialmente adaptados, para cumplir los requerimientos deseados en cuanto a productividad, distribución granulométrica, etc.

En el desarrollo del tambor de corte para el proyecto NAC tuvo que ser considerado que, además del carbon, el Surface Miner debería extraer las bandas intermedias.

El Surface Miner con dispositivo de carga directa lleva las picas distribuidas en forma de hélice. Por lo tanto, el material se transporta al centro del tambor de corte. La profundidad de corte se puede ajustar de forma individual hasta 830 mm, a fin de poder seguir el filón de carbón. Detrás del tambor de corte se encuentra un escudo rascador que entrega el material cortado al transportador primario (cinta de carga). Este guía el material a la cinta de descarga de altura regulable y giratoria en 180 grados. De esta manera, no solo es posible cargar fácilmente camiones de carga pesada de la clase de hasta 220 t, sino que se optimiza el factor de llenado. La posibilidad de regular la altura de la cinta de descarga reduce, además, las emisiones de polvo.

Sistema convencional de extracción en la explotación a cielo abierto de New Acland

El sistema convencional de extracción utilizado en la NAC trabaja de forma discontinua y consta de buldóceres para romper y juntar la roca, así como de una cargadora sobre ruedas para cargar el material en camiones con una carga útil de 130 a 190 t, utilizados in situ.

Debido a la naturaleza compleja del yacimiento que exige una explotación de carbón y bandas intermedias de material estéril, de forma selectiva, en los años pasados los buldóceres con escarificador jugaron un papel importante en el proceso de extracción. Este sistema convencional de explotación se fue desarrollando y mejorando a lo largo de muchos años. Los conductores de los buldóceres cuentan con mucha experiencia, por lo que las pérdidas de carbón durante la extracción son reducidas, al igual que la contaminación del carbón. Sin embargo, NAC aspiraba a conseguir un mejor aprovechamiento del yacimiento y a reducir la contaminación causada por las bandas intermedias de material estéril.

El sistema de explotación convencional está vinculado a unos mayores gastos de personal y a la utilización de un mayor número de equipos. Debido a la forma de trabajo discontinua, se producen retardos frecuentes en el proceso de extracción. Por consiguiente, la eficiencia del sistema es menor comparada con la de un sistema de extracción continua.

**La planificación detallada del proceso de implementación es decisiva**

A fin de poder apreciar las ventajas del Surface Miner de Wirtgen para la mina de explotación a cielo abierto NAC, es importante tener en cuenta su influencia positiva en los procesos individuales dentro de la cadena completa de procesos. Con el propósito de obtener los mejores resultados posibles es necesario adaptar los procesos a la aplicación del Surface Miner. Para NAC, esto significa que el 4200 SM no solo sustituye una máquina de explotación de la cadena existente de procesos, sino que más bien lleva a una modificación de la cadena de procesos completa, lo que también puede conllevar riesgos e inseguridad.

Por esta razón, se querían identificar y controlar las repercusiones del 4200 SM en el proceso completo dentro de un ensayo de cuatro meses. La gestión del proyecto se efectuó conforme al método de gestión de Deming, también denominado ciclo de Deming o ciclo PDCA. Esta gestión realizó los siguientes pasos:

1 Planificación: planificación detallada

2 Realización: ejecución de ensayos, es decir, medición y supervisión de datos de rendimiento.

3 Comprobación: determinación de las repercusiones en el proceso completo (positivas y negativas), es decir, identificación de las ventajas para la explotación a cielo abierto.

4 Acción: modificación y mejoramiento del rendimiento de la máquina, es decir, detección de problemas en una fase temprana y búsqueda de soluciones.

Las empresas mineras frecuentemente tienden a la llamada «mentalidad de silo». Este concepto describe las barreras de comunicación entre los distintos departamentos (extracción, planificación, mantenimiento, planta de tratamiento, sede central). Sin embargo, para implementar con éxito tecnologías nuevas, es importante considerar el proceso completo, lo que requiere la colaboración de las distintas secciones de la empresa. El direccionamiento de barreras potenciales del éxito en una fase temprana del proyecto es indispensable para aumentar al máximo el éxito del proyecto. La planificación de un cambio repentino del proceso comienza ya desde antes de la puesta en marcha de la máquina.

**La estrecha colaboración entre NAC y Wirtgen juega un papel clave**

Al principio, NAC formó un equipo del proyecto compuesto por un ingeniero minero, un jefe de la planta de tratamiento, un jefe de mantenimiento y conservación, un jefe de extracción y un encargado de la protección laboral y de la salud. Debido a la composición del equipo, desde el inicio del proyecto quedó garantizada una comunicación continua entre los departamentos. Una de las tareas importantes del equipo consistió en desarrollar indicadores representativos del rendimiento para el proyecto de Surface Miner. La colaboración entre los departamentos dio lugar a que los indicadores de rendimiento consideraran la cadena de procesos completa y no se limitaran solo a la productividad y la disponibilidad mecánica. Así, por ejemplo, se integró la distribución granulométrica en los indicadores de rendimiento, para analizar las posibles repercusiones en la planta de tratamiento y el porcentaje de partículas finas del carbón en bruto.

Durante la puesta en servicio del Surface Miner, NAC y Wirtgen realizaron conjuntamente una amplia comparación de la distribución granulométrica del carbón extraído. A tal efecto, Wirtgen pusa a disposición una instalación de cribado sore orugas de tres fondos MS 19 de Kleemann para efectuar el análisis de granulometría de 150 a 5 mm, así como una instalación de cribado de laboratorio para el análisis de granulometría para un tamaño de 0,5 a 5 mm. Em total se analizaron 100 muestras de 30 toneladas cada una; la toma de muestras de los equipos de extracción convencionales y del 4200 SM se realizó en campos de extracción idénticos, divididos en dos partes iguales para estos fines.

El equipo del proyecto NAC colaboró estrechamente con el equipo de Wirtgen compuesto de un jefe de proyecto con una experiencia de muchos años en minería, un asesor de producto, un gerente de servicio, así como una estudiante que realiza un curso de máster en ingeniería de extracción. El equipo recibió también el apoyo de la gerencia de las empresas centrales de Wirtgen en Windhagen y de Wirtgen Australia.

Gracias al asesoramiento muy amplio ya desde antes de comenzar el proyecto y al extenso equipo de base, más la presencia in situ, Wirtgen pudo minimizar el riesgo que esta implementación suponía para NAC.

**Especificación del Surface Miner**

El Surface Miner de Wirtgen se modificó conforme a los requerimientos específicos de la aplicación y, en mayo de 2014, se efectuó la entrega en la mina de NAC, cumpliendo las normas industriales locales de «Guideline for mobile and transportable Equipment for Use in Mines». Dos semanas después del suministro, la NAC pudo poner en servicio el Surface Miner.

**Condiciones de aplicación ideales exigen una planificación precisa de los trabajos de extracción**

A fin de implementar con eficiencia el nuevo procedimiento, fue necesario realizar unas adaptaciones del método tradicional de extracción por bloques.

El Surface Miner extrae el material en vías paralelas. Al final de cada vía corta una rampa y gira en una superficie plana para seguir con la siguiente vía. La longitud del campo de extracción es un parámetro decisivo para la productividad. Cuanto más aumenta la longitud de extracción, menor es el porcentaje del tiempo de servicio requerido para virar y mayor el porcentaje del tiempo de corte. Para el empleo eficiente del Surface Miner de Wirtgen se recomienda utilizar el 4200 SM en campos de extracción con una longitud de más de 300 m.

En NAC, el tamaño normal de bloque es de 150 x 150 m. Por lo tanto, se prepararon varios bloques tradicionales de explotación en una hilera, para poder probar el Surface Miner con una longitud de extracción de hasta 600 m, o sea, bajo condiciones de aplicación ideales.

**Prueba exhaustiva del rendimiento del Surface Miner durante cuatro meses**

Otra clave adicional para implementar con éxito el Surface Miner de Wirtgen consistió en demostrar sus ventajas en la práctica. Por esta razón, fue necesario realizar un análisis detallado y estructurado de su rendimiento.

NAC y Wirtgen acordaron en un contrato los indicadores de rendimiento representativos (véase la imagen Score Card). Muchos indicadores de rendimiento se fijaron en relación con el sistema de extracción continuo, por ejemplo, el indicador del porcentaje de partículas finas del carbón en bruto: «Fine coal generation less than 2 mm not to exceed limitation of dozer/loader system».

Los indicadores se pueden clasificar en categorías, tales como el rendimiento de la máquina, la influencia del medio ambiente, la protección laboral y de la salud, así como la rentabilidad y las repercusiones de downstream. A fin de considerar la fase de aprendizaje de los operadores sin experiencia en la fase de implementación, durante los tres primeros meses de la fase inicial se multiplicaron los indicadores de rendimiento por un factor porcentual de disminución.

Durante cuatro meses, los analistas midieron y compararon el rendimiento de ambos sistemas de explotación, valiéndose para ello de los siguientes medios auxiliares:

* investigación bibliográfica
* cálculos teóricos
* datos de servicio empíricos
* ensayos de ruido y vibración
* análisis de distribución granulométrica
* sistema de informes
* estudios de tiempos
* ensayos de campo, así como
* conversaciones de evaluación y encuestas.

**Resultados: el Surface Miner incrementa la rentabilidad y seguridad**

El procedimiento de minería de superficie de Wirtgen llevó a una importante reducción de las máquinas necesarias para la explotación. Gracias a la forma de trabajo continua, el Surface Miner consiguió unas tasas de producción altas. El análisis de ambos sistemas de extracción, considerando las distintas condiciones de servicio, dio por resultado que el proceso de minería de superficie requiere aproximadamente un 70 % menos máquinas que el sistema de extracción convencional, compuesto de buldóceres y cargadoras sobre ruedas.

La evaluación de la protección laboral, medioambiental y de la salud de ambos sistemas demostró que el 4200 SM reduce el impacto ambiental. Esto se debe, sobre todo, al menor número de máquinas de extracción, lo que, a la vez, redunda en una cantidad menor de emisiones de vibraciones, ruidos, polvo y dióxido de carbono. El empleo del Surface Miner reduce el consumo de combustible por metro cúbico de material extraído en aproximadamente un 65 %. Además, se registraron repercusiones positivas de la cabina del conductor en la ergonomía. La cabina del Surface Miner se puede girar y está aislada contra el ruido y las vibraciones. El asiento del conductor se puede girar en 220 grados. Esto reduce el efecto de las vibraciones en todo el cuerpo y no es necesario darse la vuelta hacia atrás estando en posición sentada.

Los análisis de la rentabilidad evidenciaron que los gastos de extracción son menores con el Surface Miner en comparación con el sistema de extracción convencional. En este caso, la cantidad reducida de máquinas es un factor decisivo que, además, conduce a costes más bajos de combustible y salarios. En consecuencia, los costes de extracción con el procedimiento de minería de superficie, considerando las distintas condiciones de servicio, se reducen en aproximadamente un 60 %. El dictamen sobre las pérdidas y la contaminación del carbón durante la extracción hizo patente un mejor aprovechamiento del yacimiento con el sistema Surface Miner, lo que genera un volumen de ventas adicional.

El Surface Miner presentó enormes ventajas en cuanto al tamaño de grano del carbón extraído. Los resultados representativos mostraron que con el nuevo método de extracción se produce hasta un 10 % menos de pporcentaje de finos que con los métodos utilizados hasta la fecha. Además de elolo, el material extraído por el Surface Miner presenta un porcentaje mucho mayor de la granulación del producto final. Esto reduce los trabajos de trituración de material de granulación superior lo que, a la vez, ahorra energía y conlleva una reducción adicional del porcentaje de finos en comparación con los procedimientos convencionales de extracción.

Gracias a la mejor calidad del carbón en bruto, debida a la menor contaminación causada por las bandas intermedias de material estéril y a la distribución granulométrica más uniforme con una menor cantidad de granos finos y granos de mayor tamaño se reduce, además, el consumo de corriente de la planta de tratamiento.

**La minería de superficie se muestra como un método alternativo de minería**

El estudio del Surface Miner, realizado a lo largo de cuatro meses, demostró con éxito la idoneidad en la práctica del 4200 SM para la explotación de carbón y bandas intermedias de material estéril, de forma selectiva, bajo condiciones difíciles del yacimiento. La planificación del proyecto comenzó en una fase temprana, mucho antes de que la máquina llegara a la mina de explotación a cielo abierto de Australia. La buena comunicación y la estrecha colaboración entre el New Hope Group, el equipo de proyecto de NAC, Wirtgen Australia y Wirtgen GmbH en Alemania constituyeron los elementos clave para eliminar prematuramente los posibles problemas y aumentar al máximo el éxito del proyecto. El análisis detallado de indicadores importantes del rendimiento le permitieron a Wirtgen y NAC identificar las repercusiones positivas en la cadena de procesos completa. Al final, los resultados del estudio convencieron a NAC de introducir respectivamente comprar los Surface Miner de Wirtgen.

Fotos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02582\_HI Junio de 2013: los representantes de New Hope Group visitan junto con los especialistas de Wirtgen la New Acland Mine para percatarse de las circunstancias. El principio funcional de la minería de superficie de Wirtgen es ideal para la explotación selectiva de los hasta 27 filones de carbón, en su mayoría delgados y con bandas intermedias de material estéril. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | W\_photo\_4200SM\_02653\_HI Agosto de 2013: la mina de carbón North American Coal de Mississippi presenta condiciones naturales comparables. La demostración de la capacidad de rendimiento del 4200 SM de Wirtgen en aquella mina de carbón convenció al New Hope Group a realizar una aplicación de prueba del 4200 SM en la New Acland Mine. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02670\_HI Julio de 2014: el Surface Miner ha llegado, los conductores han sido instruidos, la extracción comienza. A fin de probar la capacidad de rendimiento del Surface Miner 4200 SM de Wirtgen bajo condiciones de aplicación ideales, se preparó un campo de explotación de 600 metros. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02663\_HI Diciembre de 2014: a fin de poder extraer con más precisión las distintas capas de roca, se incorpora el sistema de cámaras nuevo de Wirtgen. Dos cámaras, dispuestas una de cada lado del tambor de corte, transmiten las imágenes de la superficie a un monitor doble dispuesto en la cabina del conductor, ayudando así al operario a adaptar exactamente la profundidad de corte. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02656\_HI Enero de 2015: el 4200 SM de Wirtgen lleva trabajando ya 2500 horas cuando el New Hope Group decide comprarlo. El potencial de ahorro le ha convencido. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | FUEL\_CONSUMPTION El análisis de los datos de comparación realizado por NAC registra un consumo de combustible reducido en un 65 % gracias al empleo del Surface Miner 4200 SM de Wirtgen. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | SCORE\_CARD Éxito en toda la línea: en la mina NAC, el Surface Miner 4200 SM de Wirtgen no solo convence por su productividad, sino también por su seguridad, el tamaño de grano deseado y, sobre todo, por su rentabilidad. |

*Nota: Esta fotos sirven únicamente de vista previa. Para la impresión en las publicaciones, por favor, utilice fotos con una resolución de 300 dpi que podrá descargar de las páginas web de Wirtgen GmbH y del Wirtgen Group.*

|  |  |
| --- | --- |
| SI DESEA INFORMACIÓN MÁS DETALLADA, DIRIJASE A:  WIRTGEN GmbH  Corporate Communications  Michaela Adams, Mario Linnemann  Reinhard-Wirtgen-Straße 2  53578 Windhagen  Alemania  Teléfono: +49 (0) 2645 131 – 0  Telefax: +49 (0) 2645 131 – 499  E-mail: presse@wirtgen.com  www.wirtgen.com |  |