

MIGUEL SUSSUMU KATO

ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE MINA SUBTERRÂNEA

São Paulo

2007

MIGUEL SUSSUMU KATO

ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE MINA SUBTERRÂNEA

Trabalho de formatura em Engenharia de Minas
do curso de graduação do Departamento
de Engenharia de Minas e de Petróleo da
Escola politécnica de Universidade de São Paulo.

Orientador: Gabriel de Castro Linhares Guerra

São Paulo

2007

EPMi
TF-2007
K156e
Synd 1667280

M2007G

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700006122

FICHA CATALOGRÁFICA

Kato, Miguel Sussumu

**Estudo de planejamento de mina subterrânea / M.S. Kato. --
São Paulo, 2007.**

53 p.

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo.**

**1. Mineração subterrânea (Planejamento) 2. Cobre I. Universi-
dade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Enge-
nharia de Minas e de Petróleo II.t.**

Resumo

Este trabalho mostra como é feito o planejamento de uma mina subterrânea. E tenta ensinar as etapas e cuidados que devem ser tomados para a realização de um planejamento como este. O minério que será lavrado é a calcopirita que produzirá cobre metálico.

Realizou-se uma cubagem dos recursos geológicos, utilizando o modelo de blocos, e chegou a uma tonelagem de aproximadamente 1.200.000 t de Cobre Contido (CuC). O método de lavra utilizado é o sub level open stope onde pela cubagem realizada dos realces e dos desenvolvimentos desenhados, atingiu uma reserva de aproximadamente 1.000.000 t de cobre, ou seja, uma recuperação aproximada de 80 % com uma diluição de aproximadamente 13%.

A vida útil da mina é de 27,5 anos de produção, sendo que nos dois primeiros anos a produção é de 18.000 t de CuC por ano e nos anos seguintes é de 36.000 t de CuC. Os equipamentos necessários para essa produção são 2 jumbos, 3 equipamentos de perfuração longa ou "Fandril", 4 LHD e 12 caminhões.

As LHD farão o transporte pelas galerias de acesso e carregarão os caminhões que farão o transporte até os passes, onde serão transportados até a superfície pelos "skips" via "shaft".

Palavras-Chave

Etapas de planejamento, seqüenciamento e dimensionamento de frotas.

Abstract

This work shows how is an underground mine planing. And tries to teach the steps and cares that must be taken to make a plan like this. The ore that will be mine is the chalcopyrite wich produce copper metal.

An evaluation of the geological resources, using the block model, check a tonnage of approximately 1.200.000 t of Copper Contained (CuC). The mining method is the sub level open stope and the evaluation of the stopes and the design development, check a reserve approximately 1.000.000 t of copper, that is, a recovery of approximately 80 % with a dilution of approximately 13 %..

The life of mine is 27,5 years of production, and the two first years the production will be 18.000 t of CuC per year and the others years a production of 36.000 t of CuC per year. The equipment necessary for this production will be 2 drilling, 3 fandrill, 4 LHD and 12 trucks.

The LHD will make the transportation by the galleries of access and will load the trucks that will transport up to the pass, wich will be transported to the surface by "skips" throw the "shaft.

Key-words

Steps of planning, scheduling and equipments dimensioning.

Sumário:

| | |
|---|----|
| 1 – Introdução..... | 6 |
| 2 – Modelo de Blocos..... | 7 |
| 2.1 – Etapas e métodos geoestatísticos..... | 7 |
| 2.2 – Validação do modelo de blocos..... | 10 |
| 3 – Método de Lavra..... | 12 |
| 3.1 – Cuidados com os realces | 14 |
| 4 – Desenho da Mina..... | 15 |
| 5 – Produção, metragem e vida útil..... | 19 |
| 5.1 – Avanço no desenvolvimento | 21 |
| 6 – Dimensionamento de frota | 23 |
| 7 – Conclusão | 27 |
| 8 – Referências | 28 |

1 – Introdução

Este trabalho tem como finalidade mostrar as diferentes etapas do planejamento de uma mina subterrânea pelo método “Sublevel Open Stope”, que abrange desde a criação e validação do modelo de blocos até o dimensionamento de frota que será utilizado durante a produção dessa mina. O modelo de blocos utilizado neste trabalho foi criado por uma equipe de geólogos especializados em tal função. Alguns comentários sobre a criação de um modelo de blocos serão abordados em alguns itens deste trabalho.

A área em estudo está localizada no estado do Pará, região norte do Brasil, próximo a cidade de Gurupá ao norte do estado. Município que pertence a mesorregião do Marajó e a microrregião de Portel. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 01°24'15'' de latitude e 51°38'18'' de longitude a oeste de Greenwich.

O objetivo de realizar um estudo como esse é, além de mostrar as diferentes etapas do planejamento, explicar a importância de cada uma delas para que este possa ser utilizado como referência de planejamento de uma mina subterrânea.

2 – Modelo de Blocos

O modelo de blocos é uma representação matemática do corpo geológico que contém todas as informações necessárias no planejamento, tais como:

- ✓ Litologia
- ✓ Alteração
- ✓ Estimativa de teores
- ✓ Classificação (medido, indica e inferido)
- ✓ Densidade

As litologias são determinadas através das descrições dos testemunhos dos furos de sondagem feitos da área de estudo, visando o maior conhecimento sobre o corpo e sua interpretação.

A interpretação do corpo é feita através dos furos realizados (em seções verticais e posteriormente horizontais) visando o conhecimento volumétrico do corpo o qual será preenchido com blocos de dimensões regulares que serão utilizados para atribuir a litologia no modelo de blocos.

Desses furos de sondagem, partes deles são enviadas para laboratórios para serem feitas análises químicas onde se determina os teores das amostras. Com isso por métodos estatísticos e geoestatísticos podem-se estimar os teores de cada bloco que foram criados a partir do corpo de minério interpretado.

2.1 – Etapas e métodos geoestatísticos

Inicialmente deve ser feito uma análise estatística, que deve preceder a análise geoestatística, onde esta permite verificar os dados obtidos, conferir a base de dados e inclusive, reconhecer e identificar valores anômalos que podem ser erros de digitação ou erros de análise.

Para isso, faz-se uma representação gráfica dos valores das análises químicas com o objetivo de estudar a sua distribuição dentro do intervalo amostrado. Onde as mais utilizadas são o histograma e curva acumulativa.

O histograma é a distribuição de frequência que descreve como as unidades de uma população estão distribuídas sobre o intervalo amostrado. Essa distribuição pode ser do tipo simples ou acumulado.

A distribuição de frequência do tipo simples é construída tabulando-se os dados de alguma característica medida do depósito em intervalos constantes. Os dados assim agrupados podem ser representados graficamente na forma de histograma, lançando-se os intervalos de medida em abscissa e as frequências em ordenada.

Já o procedimento para obtenção de frequência acumuladas é semelhante ao realizado no do tipo simples explicado anteriormente, porém as frequências dos dados agrupados nos intervalos definidos são agora acumuladas.

O próximo estudo após a análise dos gráficos é a estatística descritiva que é utilizada para caracterizar numericamente as distribuições de frequência. Que podem ser obtidas através de medidas de tendência central, medidas de dispersão e medidas de forma da curva.

As medidas de tendência central busca determinar o valor mais provável dessa distribuição que pode ser encontrado a partir de média, mediana e moda. As medidas de dispersão podem ser calculadas de varias maneiras para medir a dispersão em torno da média como a variância e desvio padrão, coeficiente de variação e Teorema de Chebyshev. As medidas de forma da curva podem ser caracterizadas através das medidas de assimetria e curtose.

Terminado os estudos estatísticos, iniciam-se as análises geoestatísticas por meio de krigagem ordinária, que é o variograma. Após essa, podem-se fazer predições ou simulações estocásticas em pontos não amostrados. Com o modelo de variograma reconhece-se anisotropia (feição particular dos métodos geoestatísticos), bem como uma idéia da variabilidade a pequenas distâncias dada pelo comportamento próximo a origem.

O variograma é a ferramenta básica que permite descrever quantitativamente a variação no espaço das amostras dos furos de sondagem. A natureza estrutural de um conjunto de dados é definida a partir da comparação de valores tomados simultaneamente em dois pontos, segundo uma determinada direção, ou seja, é a divisão matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância.

Após a análise geoestatística, na qual os variogramas experimentais foram calculados e os modelos teóricos foram ajustados, passa-se ao cálculo de estimativas pela técnica de krigagem ordinária que tem como característica principal a precisão local das estimativas, porém com perda da precisão global devido ao efeito de suavização.

A krigagem é o procedimento que permite calcular os ponderadores para uma dada configuração com mínima variância de krigagem, os quais poderão inclusive indicar a não aplicação deste método se o comportamento da variável for aleatório. Este método permite estimar valores desconhecidos associados a um ponto, área ou volume, a partir de um conjunto de dados.

Com esses métodos foi feito o modelo de blocos, que no caso desse trabalho os blocos contêm as seguintes dimensões, 10 metros de largura e comprimento por 5 metros de altura. E o minério é um sulfeto de cobre a calcopirita (CuFeS_2) onde a base do corpo está a uma profundidade de 500 metros da superfície e possui 1200 metros de comprimento e 240 metros largura nas partes de maior potência.

A seguir duas figuras a primeira mostrando o sólido interpretado a partir dos furos e o modelo de bloco feito a partir desse sólido.



Figura 2.1 – Sólido Geológico

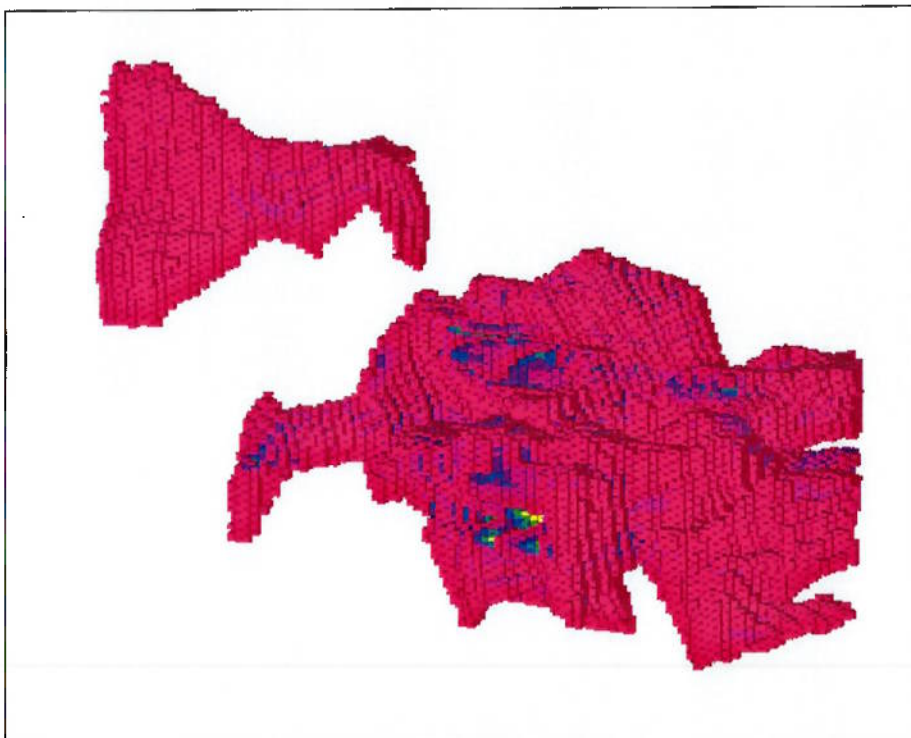


Figura 2.2 – Modelo de Blocos

2.2 – Validação do modelo de blocos

Um dos principais motivos para executar essa validação é para verificar possíveis falhas existentes no modelo. Na validação verifica se não há vazios dentro do modelo, como falta de blocos e se houver esses vazios, deve verificar se esse é ou não proposital, pois esse vazio pode representar uma caverna ou uma gruta. Sendo assim, necessita certo cuidado para que não planeje uma galeria muito próxima dessas regiões tanto por motivos de segurança como ambientais.

Na validação faz-se uma cubagem de recursos, para checar teores e conferir pelo volume do corpo e sabendo se a densidade do minério, se o modelo está dentro de real. Com isso, determina os recursos geológicos do modelo.

Nesses cálculos verificam-se também possíveis valores discrepantes, como teores muito acima do normal e ainda falta de informações, pois ao realizar a krigagem pode ocorrer de alguns blocos ficarem sem informação ou serem atribuídos aos certos blocos valores muito acima do normal. As seguir uma tabela mostra o resultado final desse cálculo.

| Recurso Cu>2.5% | Toneladas | Cu (%) | CuC (t) |
|-----------------|-------------------|-------------|----------------|
| Medido | 1,457,000 | 5.16 | 75,181 |
| Indicado | 13,715,000 | 5.15 | 706,323 |
| Inferido | 2,343,000 | 4.85 | 136,431 |
| Total | 17,985,000 | 5.10 | 917,934 |

| Recurso Cu<2.5% | Toneladas | Cu (%) | CuC (t) |
|-----------------|-------------------|-------------|----------------|
| Medido | 873,000 | 1.82 | 15,889 |
| Indicado | 11,635,000 | 1.90 | 221,065 |
| Inferido | 2,343,000 | 1.36 | 31,865 |
| Total | 14,851,000 | 1.81 | 268,818 |

| Recurso Total | Toneladas | Cu (%) | CuC (t) |
|---------------|-------------------|-------------|------------------|
| Medido | 2,330,000 | 3.91 | 91,070 |
| Indicado | 25,350,000 | 3.66 | 927,388 |
| Inferido | 4,686,000 | 3.59 | 168,295 |
| Total | 32,366,000 | 3.67 | 1,186,753 |

Tabela 2.1 – Resultados da Validação

Foram feitos dois cálculos como podemos ver na tabela acima, um com os blocos que contém teores de cobre acima de 2,5 % que é o teor de corte da mina e a cubagem dos blocos com teores abaixo de 2,5 % e assim por somatória temos os recursos totais.

Podemos verificar pela tabela com teor de Cu maior que 2,5 % que o total de cobre contido é em torno de 918.000 t. Com teor médio de 5,10 % de Cu. Porém nem toda essa tonelada poderá ser lavrada, já que existem blocos que estão muito longe uns dos outros, com isso, o teor médio do realce pode ficar abaixo de 2,5 % e pode ocorrer de um realce mesmo com teor médio acima de 2,5 % estarem muito distante um do outro, acabando que o mais distante pode acabar sendo descartado, já que para lavar este, necessitará de realizar muitos metros de desenvolvimento em nível. Inviabilizando o realce.

Para verificação de vazios, o método é visual, abrindo o modelo de blocos e conferindo trecho a trecho para visualizar possíveis falhas. Para conferir blocos com valores vazios a verificação pode ser feita por filtros. Com o auxílio do software, pode se filtrar blocos que tem certo atributo, como teor, possa estar sem valor.

No modelo utilizado neste trabalho não há regiões com vazio e nem blocos com falta de informação, ou seja, ele está correto e pronto para iniciar as etapas seguintes, como de desenho da mina, cubagem, etc.

3 – Método de Lavra

Primeiramente foi feito um estudo de uma mina a céu aberto neste corpo e devido à sua profundidade a relação estéril/minério foi muito alta, cerca de 10:1, sendo assim adotou-se a premissa de uma mina subterrânea, neste caso, devido às características do corpo, tais como profundidade, potência, inclinação, etc, o método de “Sublevel Open Stope” foi o que melhor se adaptou.

Neste método os realces possuem uma largura que varia de 15 a 20 metros para regiões de maior potência e em torno de 50 metros para as de menor. O comprimento varia com a potência do corpo chegando ao máximo de 50 metros, acima desse valor se houver, o realce deve ser lavrado em duas etapas por motivos de segurança. Já a altura dos realces varia em torno de 15 a 30 metros dependendo da competência da rocha, para isso é necessário realizar estudos geomecânicos.

No caso desse projeto as a largura dos realces foram de 15 metros e de altura 25 metros, ou seja, as distâncias entre os níveis são de 25 metros. Nesse método os realces são classificados em primário e secundário, sendo que primeiramente são lavrados os primários e estes são preenchidos com rocha estéril e cimento para que no momento que os realces secundários forem lavrados esses primários preenchidos sirvam de pilares.

O realce do nível superior só poderá ser lavrado assim que o realce do nível inferior seja preenchido com essa rocha estéril e cimento, já que os equipamentos e operários irão andar sobre esse estéril. Esse método por lavra o pilares, possui boa recuperação.

Mas nesse método devido a essas restrições, exige uma seqüência que deve ser seguida para a produção desses realces, e a tabela abaixo mostra claramente como deve ser feita essa produção, os números representam a ordem e os quadrados na cor amarela são os realces primários e os cinzas os secundários:

| | P | S | P | S | P | S | P |
|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 18 | 28 | 14 | 26 | 12 | 27 | 19 |
| 2 | 15 | 25 | 9 | 23 | 7 | 24 | 13 |
| 3 | 10 | 22 | 5 | 20 | 3 | 21 | 8 |
| 4 | 6 | 17 | 2 | 11 | 1 | 16 | 4 |

Tabela 3.1 – Seqüência para a produção dos realces

Com relação aos desenvolvimentos necessários para acessar o corpo e transportar o material, tem as galerias principais que acompanham paralelamente o corpo e estão localizadas a uma distância de aproximadamente de 20 metros, por motivos de segurança. Perpendicular a essas, tem as galerias de acesso que são utilizadas para chegar ao corpo e realizar os furos de forma descendente e ascendente. Esses furos serão preenchidos de explosivos e detonados para fragmentar o minério facilitando no transporte. Além dessas duas existem as galerias de produção que são perpendiculares as galerias de acesso e essas estão localizadas no fim do corpo, na interseção do corpo com a rocha encaixante. Essas galerias irão ser detonadas gerando a face livre do realce.

No fim dessa galeria de produção de cada realce é feito de forma ascendente um poço de 2 metros de diâmetro. Esse poço devera encontrar-se com a galeria de produção do nível superior e servirá de face livre inicial para gerar a face livre do realce.

Todo esse desenvolvimento deve ser necessariamente na lapa do corpo, pois caso haja uma queda do vão corpo lavrado devido a fraturas na rocha, não obstrua todos os acessos. Por esse motivo que as galerias principais são feitas a uma distância de 20 metros do corpo.

Como os furos de detonação são realizados de forma descendente e ascendente, para realizar a produção de um realce, o desenvolvimento tanto inferior como superior devem estar concluídos antes da produção do realce.

A produção será retirada para a superfície por skip, onde a cada nível têm-se os passes de minério e estéril. Que serão levados ao shaft. Nos níveis as LHD farão o transporte do material pelas galerias de acesso até as galerias principais onde carregará caminhões que levarão o material ao passes. A seguir uma figura ilustra os desenvolvimentos necessários até a produção do realce.

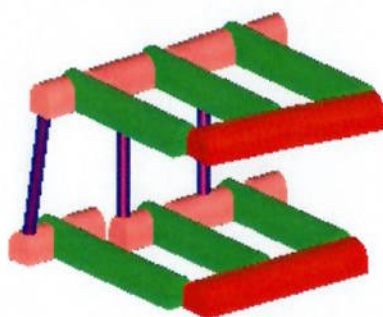


Figura 3.1 – Desenvolvimento dos acessos

As galerias vermelhas são as galerias principais as verdes as galerias de acesso e as rosas as de produção. Os poços que estão na cor roxa servirão de face livre para criar a face livre dos realces. Inicialmente devem ser feita as galerias principais em seguida as de acesso e as de produção. A próxima figura mostra o mesmo desenvolvimento, porém com os realces, sendo os amarelos os primários e os cinzas secundários.

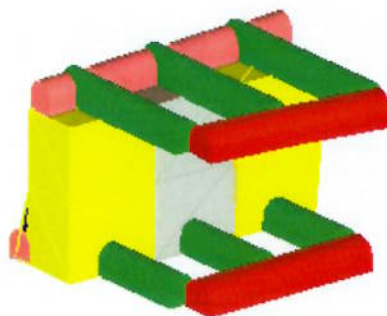


Figura 3.2 – Realces com desenvolvimento

3.1 – Cuidados com os realces

Com os estudos geomecânicos determina a competência da rocha e o raio hidráulico da mesma. Em seguida deve ser calculado o raio hidráulico dos realces tanto de teto como das paredes e checar se estes valores não são maiores que os calculados pelos estudos geomecânicos da rocha (usando corpos de prova) e caso sejam, esse realce devem ser redesenhado com dimensões diferentes para que não haja perigo de instabilidade.

O raio hidráulico dos realces é o calculo da área de uma seção do realce dividido pelo perímetro desta seção. No caso do raio hidráulico da parede, essa seção deve ser horizontal e cortando o realce. O do teto é calculado do mesmo modo, porém por uma seção que corta o realce verticalmente.

Outro cuidado muito importante é em relação ao formato dos realces. Quando se faz a furação para o desmonte de produção, normalmente em leque, o operador do equipamento deve seguir as orientações necessárias para a realização de um desmonte de acordo com o planejado, evitando assim o meio do realce se “afunile” impedindo o escoamento do minério e aumentando a diluição.

4 – Desenho da Mina

O desenho da mina foi feito com auxílio de dois softwares específicos para desenho e planejamento de lavra. Os utilizados foram o datamine e o minesight. Para esse planejamento e desenho primeiramente foi verificado e selecionado a melhor posição para cada nível, para que possa ser lavrada a maior quantidade e de minério possível.

Selecionado a posição de cada nível, foram desenhados os contornos de cada realce nível a nível. Sendo que cada realce possui três linhas de guia que serão base para a criação do sólido. A seguir uma figura final desses realces e comparação deste com o modelo de blocos. Como dito previamente os realces primários estão na cor amarela e os secundários cinzas.

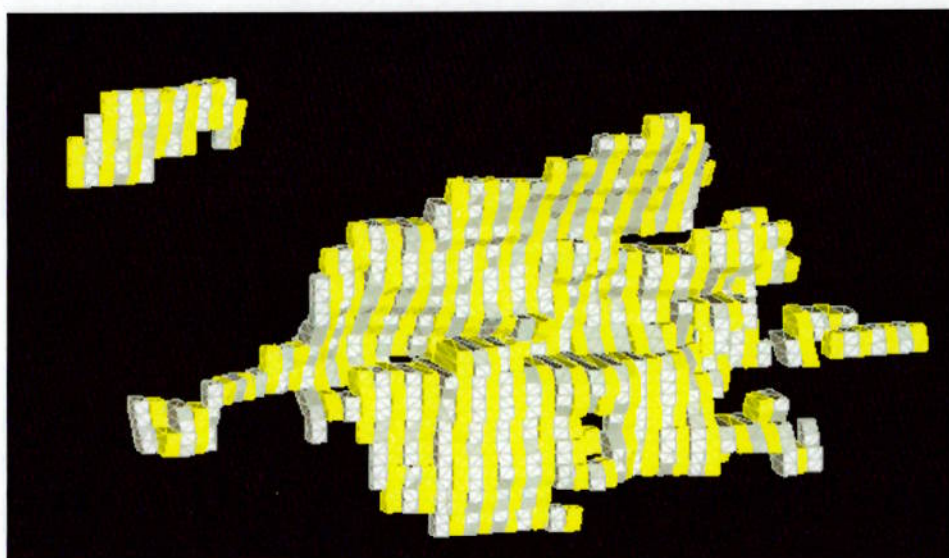


Figura 4.1 – Realces finais

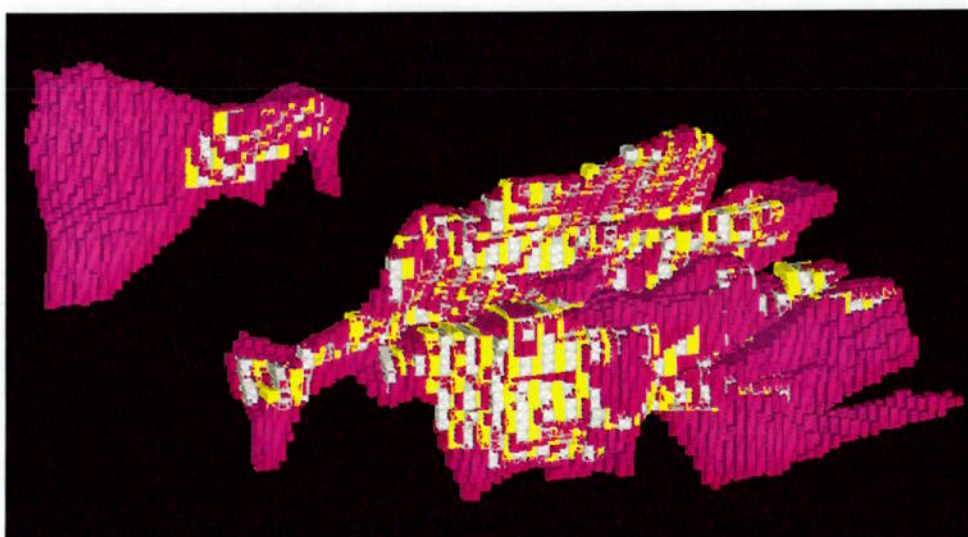


Figura 4.2 – Realces com modelo de blocos

Feito o desenho dos realces inicia o desenho do desenvolvimento que foi realizado da seguinte maneira, primeiramente a galeria principal que por segurança é feita a uma distancia mínima de 20 metros do corpo como foi explicado anteriormente. Em seguida as galerias de acesso e de produção e os poços de face livre.

Só depois de todos os níveis desenhado, inicia o desenho das rampas entre níveis e depois os poços de ventilação. As galerias de acesso e de produção têm 4,5 metros de altura e 5 metros de largura. As galerias principais e rampas têm 6 metros de altura e 5 metros de largura e as rampas possuem 12% de inclinação e raio de curvatura de 30 metros. Os poços de ventilação e passes de minério e estéril têm 3 metros de diâmetro e os de face livre tem 2 metros. As figuras seguintes mostram esse desenho por completo.

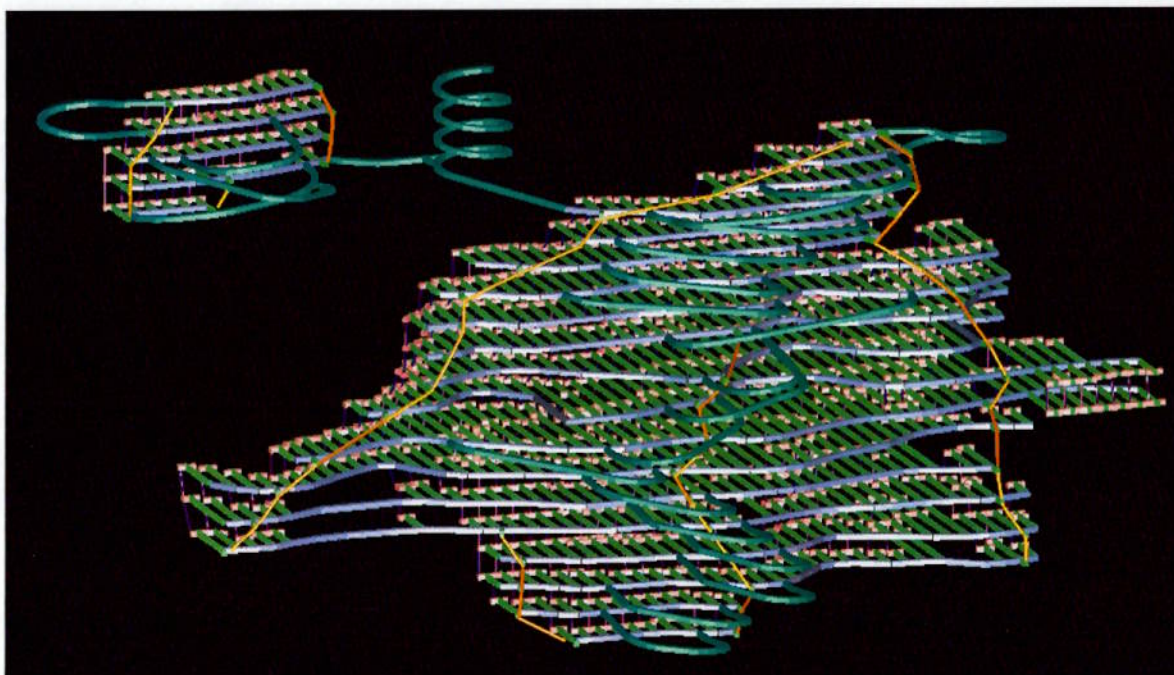


Figura 4.3 – Desenho do desenvolvimento

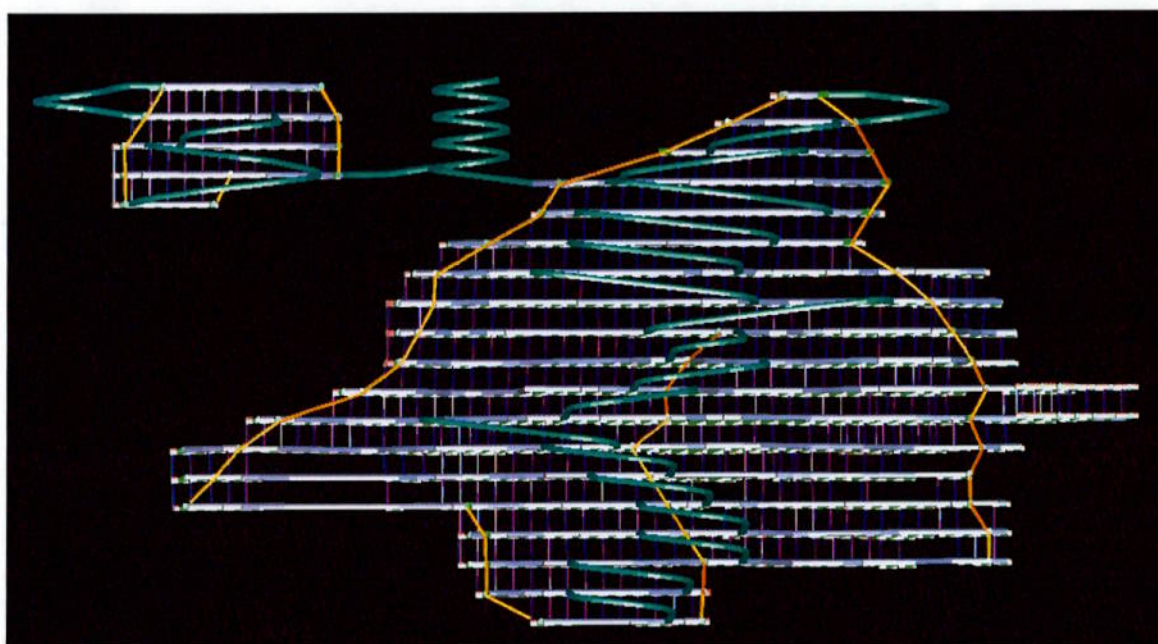


Figura 4.4 – Desenho do desenvolvimento em outra visão

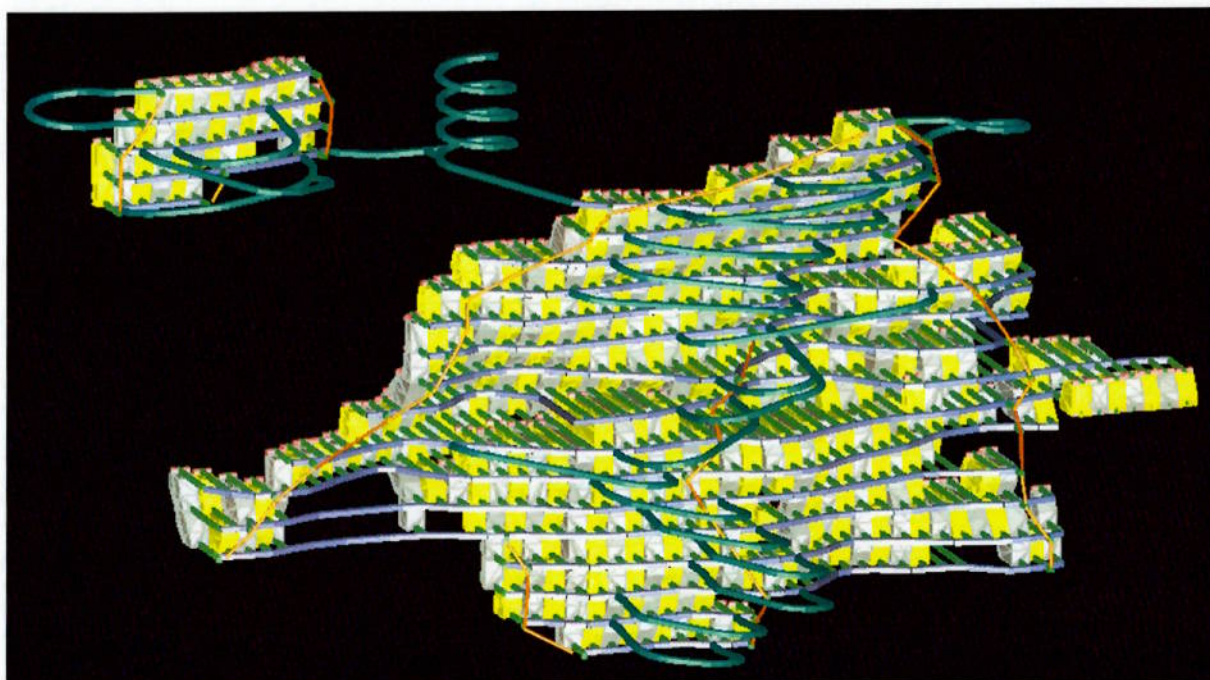


Figura 4.5 – Figura do desenvolvimento com os realces

Como podemos ver na figura 4.5, e foi descrito anteriormente, existe desenvolvimento que é feito em minério como é o caso de parte das galerias de acesso e produção e poços de face livre. Portanto isso exige um cuidado com a cubagem, pois esse volume deve ser subtraído do volume dos realces, pois se isso não for feito essas regiões serão cubadas duas vezes, com isso a toneladas serão maiores que a real.

Existem softwares em que esse processo é automático, apenas há a necessidade de informar essas restrições para o programa, mas no caso do utilizado para os cálculos essa subtração teve de ser feita manualmente. A figura seguinte mostra os realces com vazios que representam os desenvolvimentos.



Figura 4.6 – Realces com vazios

Outra observação importante é relacionada aos atributos de cada trecho de desenvolvimento e dos realces que devem ser nomeados de forma que não se repita para que ao realizar a cubagem, os volumes, toneladas e teores sejam fáceis de identificar de qual parte este se refere.

5 – Produção, metragem e vida útil

Os cálculos de tonelagem, teores foram feitos pelo programa. Os teores saem pela média ponderada dos blocos que estão dentro do realce ou trecho de galeria. A metragem é diretamente pelo comprimento de cada trecho.

Tendo esses números, pode ser calculada a vida útil da mina e tempo necessário para se realizar a produção do primeiro realce. Foi calculado para desenvolvimento um avanço de 4,2 metros por turno de cada frente esse valor será mostrado no item de dimensionamento de frotas. Esses dados de ritmo e metragem foram inseridos no software Project da Microsoft para facilidade no sequenciamento da mina. Esse programa utiliza para isso o gráfico de Gantt apenas necessitando informar as precedências de cada trecho.

Com isso chegou se a necessidade de aproximadamente 8 meses corridos para o primeiro realce ser lavrado. A seguir um resumo de toneladas e metragens nível a nível, e total.

| DESENVOLVIMENTO | | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|-------------|---------------|------------------|
| NÍVEL | TONELADAS | | TEOR | CuC | METROS |
| | ESTÉRIL | MINÉRIO | Cu % | t | m |
| 0 | 48,564 | 4,948 | 2.15 | 106 | 815.67 |
| 1 | 110,150 | 26,057 | 2.80 | 728 | 2,148.89 |
| 2 | 133,145 | 24,561 | 5.96 | 1,464 | 2,661.67 |
| 3 | 273,224 | 28,966 | 5.60 | 1,622 | 4,633.12 |
| 4 | 112,229 | 39,261 | 4.93 | 1,936 | 2,901.45 |
| 5 | 105,608 | 48,568 | 3.93 | 1,909 | 2,666.68 |
| 6 | 147,557 | 70,259 | 4.13 | 2,900 | 3,753.39 |
| 7 | 160,438 | 131,285 | 4.41 | 5,784 | 5,038.17 |
| 8 | 142,063 | 146,049 | 3.49 | 5,099 | 5,028.30 |
| 9 | 184,255 | 151,822 | 4.26 | 6,467 | 5,721.24 |
| 10 | 264,790 | 142,538 | 4.74 | 6,754 | 6,841.94 |
| 11 | 266,023 | 260,708 | 4.06 | 10,584 | 8,945.23 |
| 12 | 233,957 | 227,451 | 4.62 | 10,500 | 8,027.87 |
| 13 | 175,322 | 115,881 | 4.55 | 5,273 | 5,134.67 |
| 14 | 168,919 | 107,545 | 4.51 | 4,848 | 5,104.03 |
| 15 | 141,342 | 98,962 | 5.82 | 5,755 | 4,157.06 |
| 16 | 142,654 | 49,047 | 2.94 | 1,441 | 3,758.29 |
| 17 | 61,320 | 18,989 | 4.19 | 796 | 1,353.30 |
| 18 | 41,621 | 10,255 | 3.71 | 381 | 1,287.70 |
| TOTAL | 2,913,181 | 1,703,152 | 4.37 | 74,347 | 79,978.67 |

Tabela 5.1 – Dados do desenvolvimento

Como pode ser visto na tabela acima, só com o desenvolvimento há uma produção aproximada de 74 mil t de cobre contido. O que confirma a necessidade de subtrair essa tonelada do total dos realces.

Podemos notar também que há uma movimentação de quase três milhões de toneladas de rocha estéril que são provenientes dos desenvolvimentos que não são feitos em minério como rampas, galerias principais, etc. Desse total a maior parte será utilizada para preencher os realces assim que estes terminem a produção. E outra parte para ajustar o piso das galerias para que essas não fiquem irregulares podendo danificar os pneus dos equipamentos ou causar acidentes.

| REALCES | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|------------------|-------------|---------------|-------|--------------|------------------|-------------|----------------|-------|--------------|------------------|-------------|----------------|
| NIVEL | TIPO | TON. | Cu (%) | CuC (t) | NIVEL | TIPO | TON. | Cu (%) | CuC (t) | NIVEL | TIPO | TON. | Cu (%) | CuC (t) |
| 1 | Medido | 0 | 0.00 | 0 | 2 | Medido | 0 | 0.00 | 0 | 3 | Medido | 0 | 0.00 | 0 |
| | Indicado | 10,660 | 1.73 | 184 | | Indicado | 18,698 | 5.35 | 1,000 | | Indicado | 136,193 | 6.71 | 9,134 |
| | Inferido | 133,893 | 3.25 | 4,350 | | Inferido | 195,521 | 4.72 | 9,233 | | Inferido | 98,787 | 6.57 | 6,494 |
| | Baixo Teor | 70,987 | 0.58 | 410 | | Baixo Teor | 166,932 | 0.82 | 1,360 | | Baixo Teor | 225,259 | 0.18 | 410 |
| | Total | 215,540 | 2.29 | 4,945 | | Total | 381,151 | 3.04 | 11,593 | | Total | 460,239 | 3.49 | 16,039 |
| 4 | Medido | 0 | 0.00 | 0 | 5 | Medido | 0 | 0.00 | 0 | 6 | Medido | 60,330 | 3.58 | 2,159 |
| | Indicado | 202,582 | 4.77 | 9,671 | | Indicado | 443,128 | 4.81 | 21,297 | | Indicado | 644,278 | 5.30 | 34,115 |
| | Inferido | 185,621 | 5.93 | 11,013 | | Inferido | 30,374 | 6.84 | 2,078 | | Inferido | 0 | 0.00 | 0 |
| | Baixo Teor | 230,360 | 0.06 | 147 | | Baixo Teor | 143,958 | 0.07 | 105 | | Baixo Teor | 187,363 | 0.14 | 262 |
| | Total | 618,563 | 3.37 | 20,832 | | Total | 617,459 | 3.80 | 23,480 | | Total | 891,970 | 4.10 | 36,536 |
| 7 | Medido | 138,738 | 4.13 | 5,728 | 8 | Medido | 379,526 | 6.12 | 23,219 | 9 | Medido | 95,168 | 4.77 | 4,542 |
| | Indicado | 947,380 | 4.82 | 45,626 | | Indicado | 1,177,270 | 4.52 | 53,248 | | Indicado | 1,545,560 | 4.47 | 69,102 |
| | Inferido | 0 | 0.00 | 0 | | Inferido | 227 | 1.69 | 4 | | Inferido | 1,021 | 4.80 | 49 |
| | Baixo Teor | 226,429 | 0.24 | 537 | | Baixo Teor | 350,106 | 0.65 | 2,269 | | Baixo Teor | 278,023 | 0.46 | 1,282 |
| | Total | 1,312,547 | 3.95 | 51,891 | | Total | 1,907,129 | 4.13 | 78,740 | | Total | 1,919,772 | 3.91 | 74,975 |
| 10 | Medido | 343,774 | 5.29 | 18,193 | 11 | Medido | 108,558 | 4.15 | 4,508 | 12 | Medido | 174,268 | 3.60 | 6,270 |
| | Indicado | 1,330,180 | 4.23 | 56,280 | | Indicado | 1,668,802 | 5.14 | 85,843 | | Indicado | 2,245,824 | 4.79 | 107,463 |
| | Inferido | 77,297 | 3.99 | 3,086 | | Inferido | 304,655 | 4.70 | 14,310 | | Inferido | 461,086 | 5.62 | 25,931 |
| | Baixo Teor | 380,312 | 0.44 | 1,689 | | Baixo Teor | 558,924 | 0.73 | 4,075 | | Baixo Teor | 605,167 | 0.26 | 1,579 |
| | Total | 2,131,563 | 3.72 | 79,247 | | Total | 2,640,940 | 4.12 | 108,736 | | Total | 3,486,346 | 4.05 | 141,244 |
| 13 | Medido | 53,522 | 3.52 | 1,881 | 14 | Medido | 0 | 0.00 | 0 | 15 | Medido | 55,533 | 4.11 | 2,283 |
| | Indicado | 1,245,171 | 4.59 | 57,203 | | Indicado | 857,799 | 5.03 | 43,182 | | Indicado | 786,773 | 6.74 | 53,044 |
| | Inferido | 222,149 | 5.46 | 12,123 | | Inferido | 111,000 | 4.92 | 5,456 | | Inferido | 325,251 | 6.07 | 19,752 |
| | Baixo Teor | 469,491 | 0.23 | 1,089 | | Baixo Teor | 262,928 | 0.20 | 526 | | Baixo Teor | 289,535 | 0.33 | 964 |
| | Total | 1,990,332 | 3.63 | 72,296 | | Total | 1,231,727 | 3.99 | 49,163 | | Total | 1,457,092 | 5.22 | 76,044 |
| 16 | Medido | 63,475 | 5.60 | 3,551 | 17 | Medido | 0 | 0.00 | 0 | 18 | Medido | 0 | 0.00 | 0 |
| | Indicado | 403,299 | 6.11 | 24,821 | | Indicado | 100,851 | 4.18 | 4,220 | | Indicado | 81,621 | 4.33 | 3,537 |
| | Inferido | 165,217 | 5.14 | 8,494 | | Inferido | 88,662 | 3.72 | 3,299 | | Inferido | 22,625 | 4.27 | 966 |
| | Baixo Teor | 281,690 | 0.44 | 1,251 | | Baixo Teor | 96,851 | 0.33 | 319 | | Baixo Teor | 78,950 | 0.37 | 288 |
| | Total | 913,681 | 4.15 | 37,917 | | Total | 286,364 | 2.74 | 7,837 | | Total | 183,196 | 2.62 | 4,791 |

Tabela 5.2 – Dados de Produção por Nível

| TOTAL DOS REALCES | | | |
|-------------------|-------------------|-------------|----------------|
| TIPO | TON. | Cu (%) | CuC (t) |
| Medido | 1,472,892 | 4.91 | 72,336 |
| Indicado | 13,846,069 | 4.90 | 678,769 |
| Inferido | 2,423,386 | 5.23 | 126,638 |
| Baixo Teor | 4,903,265 | 0.38 | 18,562 |
| Total | 22,645,612 | 3.88 | 877,744 |

Tabela 5.3 – Total dos Realces

Pelas tabelas acima podemos checar que os realces estão com um teor médio de 3,88 % de cobre. Que irão produzir 877 mil toneladas de Cobre. Somando com as toneladas produzidas pelo desenvolvimento, a produção será de aproximadamente 950 mil toneladas. Comparando com o total de cobre da reserva na tabela 2.1 do item 2.2 validação do modelo de blocos que era de 1.190 mil toneladas, notamos que ocorreu uma recuperação de 80 % aproximadamente.

As tabelas seguintes são um resumo e a adição total dos realces e de todo o desenvolvimento.

| NÍVEL | Desenvolvimento | | | | | Realces | | |
|--------------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|-------------------|-------------|----------------|
| | Estéril (t) | Minério (t) | Cu (%) | CuC (t) | Metros | Minério (t) | Cu (%) | CuC (t) |
| 0 | 48,564 | 4,948 | 2.15 | 106 | 816 | 0 | 0.00 | 0 |
| 1 | 110,150 | 26,057 | 2.80 | 728 | 2,149 | 215,540 | 2.29 | 4,945 |
| 2 | 133,145 | 24,561 | 5.96 | 1,464 | 2,662 | 381,151 | 3.04 | 11,593 |
| 3 | 273,224 | 28,966 | 5.60 | 1,622 | 4,633 | 460,239 | 3.49 | 16,039 |
| 4 | 112,229 | 39,261 | 4.93 | 1,936 | 2,901 | 618,563 | 3.37 | 20,832 |
| 5 | 105,608 | 48,568 | 3.93 | 1,909 | 2,667 | 617,459 | 3.80 | 23,480 |
| 6 | 147,557 | 70,259 | 4.13 | 2,900 | 3,753 | 891,970 | 4.10 | 36,536 |
| 7 | 160,438 | 131,285 | 4.41 | 5,784 | 5,038 | 1,312,547 | 3.95 | 51,891 |
| 8 | 142,063 | 146,049 | 3.49 | 5,099 | 5,028 | 1,907,129 | 4.13 | 78,740 |
| 9 | 184,255 | 151,822 | 4.26 | 6,467 | 5,721 | 1,919,772 | 3.91 | 74,975 |
| 10 | 264,790 | 142,538 | 4.74 | 6,754 | 6,842 | 2,131,563 | 3.72 | 79,247 |
| 11 | 266,023 | 260,708 | 4.06 | 10,584 | 8,945 | 2,640,940 | 4.12 | 108,736 |
| 12 | 233,957 | 227,451 | 4.62 | 10,500 | 8,028 | 3,486,346 | 4.05 | 141,244 |
| 13 | 175,322 | 115,881 | 4.55 | 5,273 | 5,135 | 1,990,332 | 3.63 | 72,296 |
| 14 | 168,919 | 107,545 | 4.51 | 4,848 | 5,104 | 1,231,727 | 3.99 | 49,163 |
| 15 | 141,342 | 98,962 | 5.82 | 5,755 | 4,157 | 1,457,092 | 5.22 | 76,044 |
| 16 | 142,654 | 49,047 | 2.94 | 1,441 | 3,758 | 913,681 | 4.15 | 37,917 |
| 17 | 61,320 | 18,989 | 4.19 | 796 | 1,353 | 286,364 | 2.74 | 7,837 |
| 18 | 41,621 | 10,255 | 3.71 | 381 | 1,288 | 183,196 | 2.62 | 4,791 |
| TOTAL | 2,913,181 | 1,703,152 | 4.37 | 74,347 | 79,979 | 22,645,612 | 3.88 | 877,744 |

Tabela 5.4 – Resumo do desenvolvimento e dos realces

| TOTAL | Estéril (t) | Minério (t) | Cu (%) | CuC (t) | Metros |
|-------|-------------|-------------|--------|---------|--------|
| | 2,913,181 | 24,348,764 | 3.91 | 952,091 | 79,979 |

Tabela 5.5 – Total movimentado (Life of Mine)

Tendo esses valores pode-se estimar a vida útil da mina. Como inicialmente existe muito desenvolvimento a ser feito, a produção nos dois primeiros anos é de 1.500 t de cobre por mês, totalizando 18.000 toneladas de cobre por ano. Com isso pelo teor de corte da produção de 2,5 % Cu, temos uma produção média de 720.000 t de ROM (run of mine) anual. A partir do segundo ano a produção irá dobrar sendo de 3.000 t de cobre por mês e 36.000 t de cobre por ano. E uma média de 1.440.000 t de ROM por ano.

Com isso a mina terá a vida útil de 27,5 anos de produção, lembrando que o desenvolvimento tem que iniciar a aproximadamente oito meses antes do primeiro realce ser lavrado.

5.1 – Avanço no desenvolvimento

A forma de ataque ou avanço nas galerias de desenvolvimento será a de seção plena, onde inicialmente cria o pilão, que será a face livre e na seqüência os furos de alívio do pilão, e os de abertura central, seguido pelos de levante e do solo, os furos da parede e finalizando com os do teto. A figura a seguir mostra com uma numeração essa seqüência de detonação.

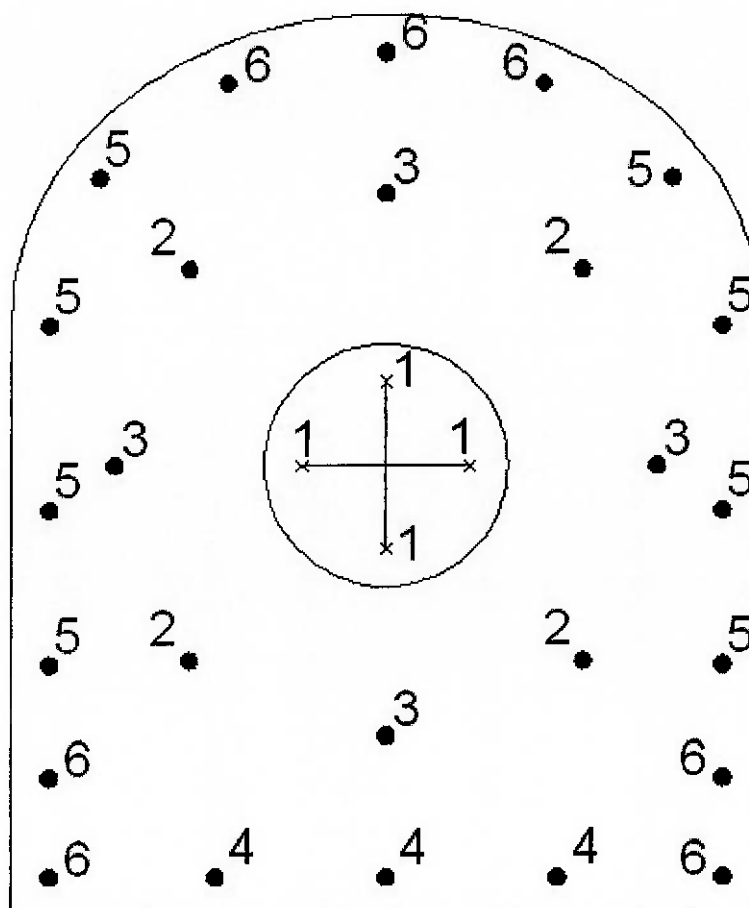


Figura 5.1 – Seqüência de detonação dos furos

Este procedimento é vantajoso, pois permite a aplicação de equipamentos de alta capacidade e conseqüentemente é o procedimento que atinge as maiores velocidades de avanço. Assim sendo, tem-se menos tempo perdido, maior produção, avanços mais rápidos, maior avanço por salva, possibilitando maiores investimentos em mecanização integral que são plenamente aproveitados.

6 – Dimensionamento de frota

Os equipamentos dimensionados para a produção serão as LHD que farão o transporte do material da frente de lavra ou desenvolvimento até os caminhões, que também serão dimensionados para o transporte do material até os passes e destes para o shaft. Ainda os jumbos, responsáveis pela perfuração das frentes de desenvolvimento, e os equipamentos de perfurações longas, “Fandrill”, são os responsáveis pela perfuração dos realces para a produção.

Pelo seqüenciamento do desenvolvimento feito, é importante o cuidado de não haver mais de 6 frente sendo detonadas por dia e a uma distância de pelo menos 3 níveis de diferença entre as frentes, para que os jumbos tenham que se movimentar no máximo 2 níveis, sendo que em rampa este equipamento percorrerá algo em torno de 500 metros e na horizontal variando de 300 metros (distância entre a saída e entrada de rampas) a 1 km (movimentação em nível). Como pelos dados do equipamento Minimatic 205-40 B da Tamrock, em Anexo. Esse jumbo tem a velocidade de 10 Km/h na horizontal e 3,5 Km/h em trechos inclinados. Assim o tempo máximo necessário para o equipamento se deslocar entre dois níveis será:

$$V_{rampa} = \frac{\Delta S}{\Delta T_{rampa}} \rightarrow 3,5 = \frac{0,5}{\Delta T_{rampa}} \rightarrow \Delta T_{rampa} = \frac{0,5}{3,5} \rightarrow \Delta T_{Rampa} = 0,1429h = 8,6 \text{ min}$$

$$V_{nível} = \frac{\Delta S}{\Delta T_{nível}} \rightarrow 10 = \frac{1}{\Delta T_{nível}} \rightarrow \Delta T_{nível} = \frac{1}{10} \rightarrow \Delta T_{nível} = 0,1h = 6 \text{ min}$$

$$\Delta T_{total} = \Delta T_{Rampa} + \Delta T_{nível} \rightarrow \Delta T_{total} = 8,6 + 6 \rightarrow \Delta T_{total} = 14,6 \text{ min}$$

Como cada jumbo necessitará de um turno para perfurar e se deslocar para outra frente, serão necessários 2 jumbos de 2 braços para atingir a meta de desenvolvimento planejada.. Nos outros dois turnos de cada frente, um será para o carregamento de explosivos e detonação e o outro para limpeza e instalação de suportes.

Cada braço do jumbo consegue fazer furos com 4,66 metros de comprimento. Ao realizar a detonação apenas 90% desse comprimento será desmontado, com isso a cada detonação ocorre um avanço de 4,2 metros. Esse foi o valor utilizado para realizar o seqüenciamento como está descrito no item 5 – Produção, metragem e vida útil.

Os jumbos têm as seguintes dimensões:

| Minimatic 205-40 B | |
|--------------------|------|
| Altura (m) | 3.20 |
| Comprimento (m) | 5.96 |
| Largura (m) | 2.24 |

Tabela 6.1 – Dimensões do Jumbo

Já os equipamentos de “Fandrill” utilizaremos os Solomatic 720 da Tamrock. Este possui velocidade de deslocamento horizontal igual a do jumbo, e velocidade em rampa de 3 Km/h. Este equipamento será o responsável pela perfuração dos realces para depois serem preenchidos com explosivos e detonados.

Esse equipamento já realizara a perfuração tanto do realce inferior como o do superior para não haver a necessidade desses retornar a mesma posição que já estava anteriormente. Serão necessários 3 desses equipamentos para a produção. Já que o número de realces lavrados por mês varia de 2 a 5. Pois há realces menores, com baixa produção e os de grandes dimensões.

As dimensões deste equipamento são

| Solomatic 720 | |
|-----------------|------|
| Altura (m) | 3.40 |
| Comprimento (m) | 10.5 |
| Largura (m) | 2.24 |

Tabela 6.2 – Dimensões do “Fandril”

Para o dimensionamento das LDH, necessita-se verificar a produção horária do equipamento pela curva de produção em anexo. Depois multiplicar esse valor para determinar o quanto cada LHD produz por ano e finalmente quantas LHDs necessitará por ano.

Para determinar a produção horária da LHD, precisa-se determinar quantos metros este irá se deslocar. Como a LHD irá fazer o transporte apenas pelas galerias de acesso, este valor será a média de todas as galerias de acesso da mina.

A LHD selecionada será a TORO 301 High Lift da TORO. Que possui as seguintes dimensões:

| TORO 301 High Lift | |
|--------------------|------|
| Caçamba (t) | 6.2 |
| Altura (m) | 2.15 |
| Comprimento (m) | 8.51 |
| Largura (m) | 2.05 |

Tabela 6.3 – Dimensões da LHD

Nos dois primeiros anos a produção de ROM é de aproximadamente 720.000 t/ano e a partir do segundo ano a produção é de 1.440.000 t/ano como dito anteriormente e a mina trabalhará em 3 turnos de 8 horas e 365 dias por ano com isso temos.

$$h_{total} = 365 * 24$$

$$h_{total} = 8760h / ano$$

A tabela a seguir mostra a média total de galerias de acesso em metros e a produção horária de uma LHD e o número de LHD para os dois primeiros anos e os anos seguintes.

| DMT | PRODUÇÃO LHD | | DISPONIBILIDADE | PRODUÇÃO REAL | N° DE LHD | |
|-------|--------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|---|
| | m | t/hora | | | t/ano | % |
| 63.34 | 315 | 2,759,400 | 60 | 1,655,640 | 1 | 1 |

Tabela 6.4 – Cálculo de LHD necessária

A disponibilidade é de 60 % e para esse valor foi adotada uma utilização, ou seja, o tempo em que o equipamento estará na frente carregando é de 75 % e a disponibilidade mecânica, que é quando o equipamento não está quebrado ou em manutenção é de 80 %. Assim:

$$Disp. = \frac{(80 * 75)}{100} = 60\%$$

Pela produção anual, podemos verificar que apenas uma LHD será o suficiente para cada ano. Mas é claro que isso não é verdade, já que existem varias frente e realces sendo lavrados ao mesmo tempo.

Pelo seqüenciamento, vendo quantas frentes e realces são lavradas na mesma hora, verifica a necessidade de 4 LHD por ano. O tempo de ciclo da LHD é calculado pelos tempos fixos que são posicionamento, carregar, acelerar e frear, que pelo anexo do equipamento, temos que esses tempos fixos somam 0.5 min. A velocidade de movimentação pelo gráfico também em anexo é de 24 Km/h carregado e 25 Km/h vazio. Porém por medidas de segurança o transito em uma mina não pode ultrapassar 20 Km/h ou 5,56 m/s. Assim sendo a velocidade de movimentação será esse.

$$T_{ida} = \frac{63,34}{5,56} = 11,4s$$

Como tempo de volta será o mesmo, o tempo de clico total será:

$$T_{total} = T_{ida} + T_{volta} + T_{fixo} \rightarrow T_{total} = 11,4 + 11,4 + 30 = 52,8s$$

O dimensionamento dos caminhões segue a mesma lógica para as LHD, porém as DMT distância média de transporte serão apenas das galerias principais, onde ele ira transitar.

O caminhão escolhido é o EJC 20 da EJC. Com as seguintes dimensões:

| EJC 20 | |
|---------------------|------|
| Caçamba (kt) | 20 |
| Altura (m) | 2.44 |
| Altura descarga (m) | 5.13 |
| Comprimento (m) | 8.38 |
| Largura (m) | 2.44 |

Tabela 6.5 – Dimensões da LHD

Sendo que a velocidade de movimentação do equipamento carregado é de 23 Km/h e vazio é de 25 Km/h. Por motivos de segurança a velocidade máxima é limitada em 20 Km/h ou 5,56 m/s.

A distância média de transporte que cada caminhão terá que percorrer em um ciclo é de aproximadamente 500 metros. Que é a media de todas as galerias principais. O tempo de ciclo de um caminhão é calculado pela somatória dos tempos fixos com o tempo de carga e o tempo de movimentação.

O tempo fixo é a somatória do tempo de posicionamento, aceleração, desaceleração e descarga. Esse valor é de 3,75 min que foi considerado o mesmo do tempo do caminhão

modelo TORO 40 da TORO, pois como o catálogo da EJC 20 não informava esse dado, considere esse valor, para não adotar um número muito fora. Já o tempo de carga será o número de caçambadas da LHD vezes o tempo de ciclo da mesma.

Uma caçamba de LHD transporta 6,2 toneladas para encher o caminhão de 20 toneladas, serão necessárias 3 viagens da LHD, ou seja, o tempo de carga será:

$$T_{carga} = 3 * 52,8 = 158,4s = 2,64 \text{ min}$$

O tempo de movimentação será:

$$T_{ida} = 500 / 5,56 = 90s = 1,5 \text{ min}$$

Como tempo de volta será o mesmo, o tempo de ciclo total será:

$$T_{total} = T_{ida} + T_{volta} + T_{fixo} + T_{carga} \rightarrow T_{total} = 1,5 + 1,5 + 3,75 + 2,64 = 9,4 \text{ min}$$

Portanto um caminhão produzirá:

$$P = 20.000 / 9,4 = 2.127,66t / \text{min} = 127.659,57t / h$$

$$P = 127.659,57 * 0,6 = 76.595,7t / h, 60 \% \text{ de disponibilidade.}$$

Com isso, tem uma produção anual de 670 milhões de toneladas. O que fica evidente que apenas um caminhão também será o suficiente. Mas isso também é um possível, devido aos vários níveis de produção.

Como o tempo de carga é de 2,64 min e o tempo de ciclo menos tempo de carga é de 6,75 min. Para não ocorrer de a LHD ficar parada, tem que cada LHD necessita de 3 caminhões e como temos 4 LHDs, o número de caminhões necessário anualmente é de 12.

Tabela com o resumo dos equipamentos:

| EQUIPAMENTO | MODELO | NÚMERO |
|-------------|--------------------|--------|
| Jumbo | Minimatic 205-40 B | 2 |
| Long Holes | Solomatic 720 | 3 |
| LHD | TORO 301 High Lift | 4 |
| Caminhão | EJC 20 | 12 |

Tabela 6.6 – Equipamentos Necessários

7 – Conclusão

Os problemas e trabalhos realizados neste projeto se aproximam muito do que um engenheiro irá encontrar ao fazer um planejamento de uma mina subterrânea. Portanto a utilização desse trabalho como uma referência pode ser feita sem algum problema.

O que poderá diferenciar serão os programas para realização de cubagem e desenho da mina, a taxa de produção e dados dos equipamentos que serão utilizados. Porém a seqüência e cuidados serão os mesmos.

A realização deste trabalho foi de grande importância para mim, e aprendi e relembrei etapas, como exemplo dimensionamento de frotas. E neste caso principalmente de uma mina subterrânea, onde eu não havia feito tanto nas matérias da faculdade como em estágios realizados até então. Utilizei como base a matéria de dimensionamento de equipamentos, porém no caso era de mina céu aberto.

Outro ponto importante neste trabalho foi com relação à autoconfiança, pois verifiquei que estou pronto para realizar profissionalmente o mesmo trabalho.

8 – Referências

Chausson, D. S. Otimização do sequenciamento de Lavra. Trabalho de evento – Resumo Periódico, São Paulo, EPUSP, 2000.

De Tomi, G. F. C. Aplicações de otimização em lavra subterrânea. Trabalho de evento – Resumo Periódico, São Paulo, EPUSP, 2000.

Petermann, A. M. Sequenciamento e Simulação de desenvolvimento de minas subterrâneas. Trabalho de Evento, Belo Horizonte: IBRAM, 2002.

Underground Drilling and Loading Handbook, Tampere, Finland, Tamrock Corp.

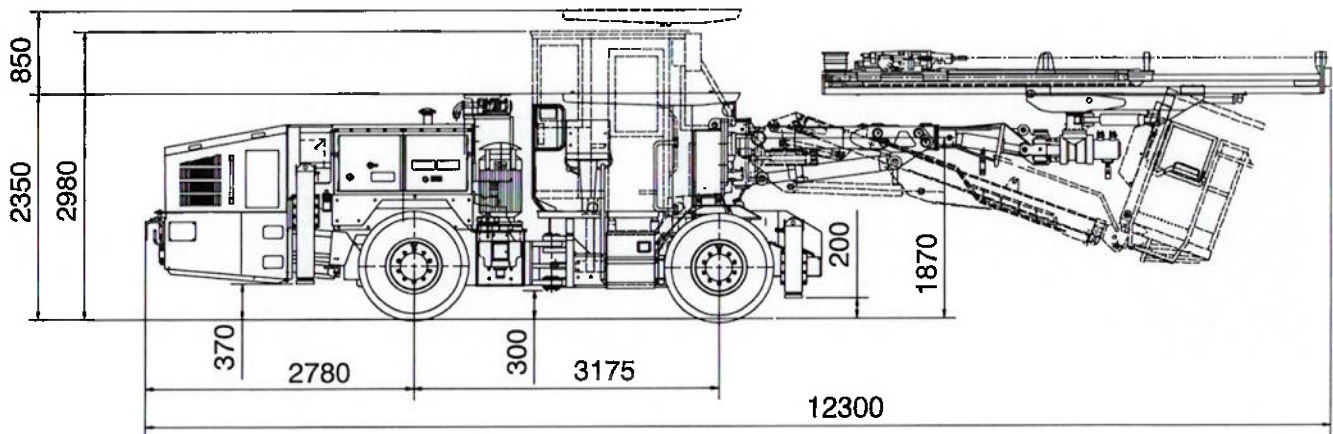
CD-ROM, Mine Academy, v 1.1, Sandvik.

Apostilas da material de PMI-2943 Abertura de vias Subterrâneas, São Paulo, EPUSP 2004.

Apostila do Curso de Geoestatística Aplicada do prof. Jorge Kazuo Yamamoto, São Paulo, IGCUSP 2004.

ANEXOS

ANEXOS A – DADOS DO JUMBO



Technical description

The Minimatic 205-40 B Power Class electrohydraulic jumbo for rapid drifting and tunnelling in 8 – 49 m² cross sections is equipped with two drilling booms and one basket boom.

The robust universal booms have a large optimum shaped coverage, 358° rotation and full automatic parallelism for fast and easy face drilling. The booms can also be used for cross-cutting and bolt hole drilling. TBB 2 basket boom can be used as a platform in auxiliary works.

The jumbo layout is designed for good visibility and balance, this and the powerful four-wheel-drive center articulated carrier guarantees fast and safe tramming.

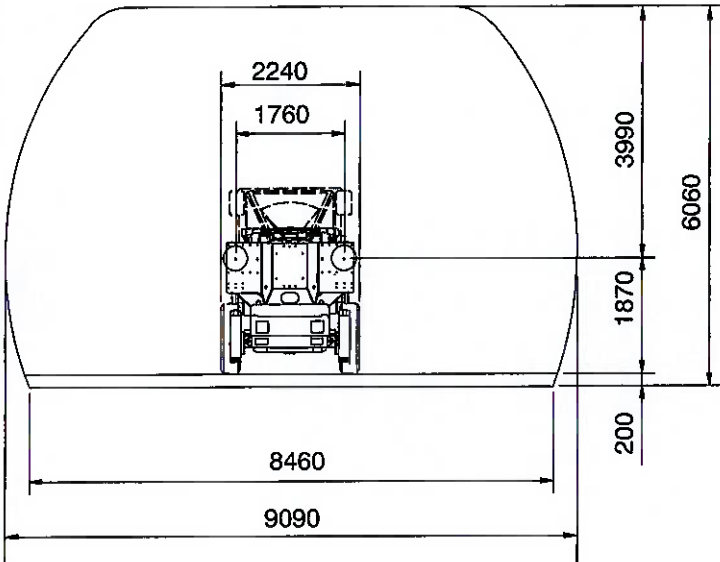
The high performance drilling system allows high drilling performance with good drill steel economy and high machine reliability.

The operator environment and added automatic functions allow the operator to concentrate on safe, fast and accurate drilling.

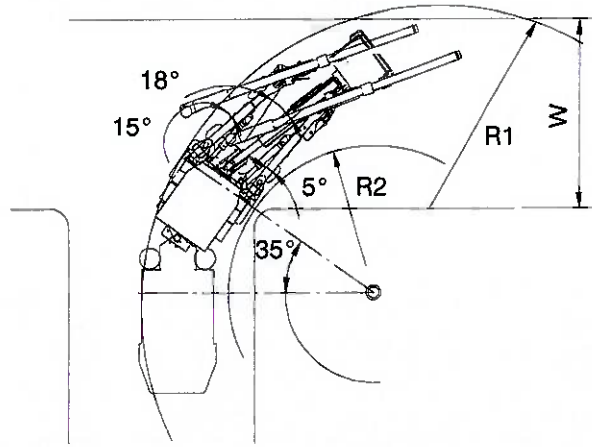
All service points are well protected but easy to access. The hydraulic pilot operated control system is equipped with quick coupling measuring points for faster troubleshooting and minimized maintenance time.

Components in basic model

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| 1.Carrier | 1 x TC 200 W |
| 2.Rock drill | 2 x HL 510 S-45 |
| 3.Feed | 2 x TF 500-12 |
| 4.Boom | 2 x TB 40 |
| 5.Control panel | 2 x THC 500 |
| 6.Powerpack | 2 x HP 545, 45 kW |
| 7.Oil cooler | 2 x OW 30 |
| 8.Main switch | 1 x MSE 20 |
| 9.Hydraulic jack | 2 x HM 40 |
| | 2 x HM 75 |
| 10.Water pressure valve | 1 x WP 70 |
| 11.Water booster pump | 1 x WBP 2 , 4 kW |
| 12.Shank lubrication device | 1 x KVL 10-2 |
| 13.Compressor | 1 x C 1000 |
| 14.Automatic cable reel | 1 x AK 2 |
| 15.Lighting: | 4 x 500 W, 220 V |
| | 6 x 70 W, 24 V |
| 16.Safety canopy | 1 x Hydraulic |
| 17.Basket boom | 1 x TBB 2 |



Parallel coverage (0° lookout angle)



| FEED TF500-X | R1 | R2 | W |
|--------------|------|------|------|
| 10' | 6750 | 3800 | 4600 |
| 12' | 6750 | 3800 | 4600 |
| 14' | 6750 | 3800 | 4600 |
| 16' | 7000 | 3800 | 4850 |

Main weights, dimensions and performance

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| Length with TF 500-12 | 12 300 mm |
| Width | 2240 mm |
| Height, min | 2350 mm |
| max | 3200 mm |
| Weight | 22000 kg |
| Tramming speed | |
| horizontal | 10 km/h |
| 14 % = 1:7 = 8 degrees | 3,5 km/h |
| Gradeability | 28 % = 1:3,5 = 15° |
| Noise level | |
| operator platform | 105 dB(A) ISO 6394-1985 |
| emitted noise level | 103 dB(A) ISO/DIS 11201-1993 |

HL 510 S-45 rock drill

| | |
|-------------------------|---|
| Weight | 130 kg |
| Length | 1024 mm |
| Profile height | 76 mm |
| Power class | 16 kW |
| Max. working pressure | |
| – Percussion | 175 bar |
| – Rotation | 175 bar |
| Max. torque | 400 Nm |
| Hole size | 45 – 57 mm |
| Recommended steel | T38-H35-R32 R38-H35-R32 R38-H32-R32 |
| Shank adapter | 7304-7554-01 (T38) 7804-7554-01 (R38) * |
| Flushing water pressure | 10 – 20 bar |

*) with CF feed and HL 510 S-3 rock drill shank
 7804-7531-01 (R38)

TF 500 cylinder feed

The TF feeds are made from heavy duty aluminium box construction profile using stainless steel guide surfaces. The large diameter feed cylinder and wire rope give up to 25 kN net feed force.

| TF 500 | Total length mm | Hole length mm | Rod length mm | Net Weight kg | Machine length mm |
|--------|-----------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| 500x12 | 5 270 | 3 440 | 3 700 | 500 | 12 300 |
| 500x14 | 5 880 | 4 050 | 4 305 | 530 | 13 150 |
| 500x16 | 6 490 | 4 660 | 4 915 | 560 | 13 400 |

TB 40 universal boom

The TB 40 is a hydraulic universal roll over boom with telescopic extension and automatic parallelism in both vertical and horizontal planes. It can also be used for bolt hole drilling and cross cutting.

| | |
|----------------------|---------------------|
| Parallel coverage | 44,5 m ² |
| Telescopic extension | 1050 mm |
| Boom weight, net | 1850 kg |
| Rotation angle | 358 degrees |

Control and hydraulic system

THC 500 Hydraulic control system

The THC 500 is a hydraulic pilot control system for drilling functions. It consists of an ergonomically designed panel with hydraulic joy-sticks and a hydraulic control unit for advanced automatic functions. It has been designed to increase productivity and operator motivation and to enable high performance drilling with low drill steel costs.

Feed controlled percussion system optimizes the drilling parameters and improves drill steel life. Load sensing boom controls enable fast and accurate boom movements. Quick coupling measuring points in control panel enable fast and easy checking and troubleshooting.

CONTROL FUNCTIONS

| | |
|------------------|---|
| Power control | adjustable full power adjustable collaring power |
| Rotation control | adjustable rotation speed reversible rotation |
| Flushing control | water flushing |

AUTOMATIC FUNCTIONS

Collaring automatics
 Stop-and-return automatics
 Anti-jamming automatics
 Flushing automatics

Hydraulic powerpack

HP 545 MOTOR/PUMP UNIT

| | |
|-----------------------------|---|
| Electric motor | 1 x 45 kW 3-phase motor |
| Pump types | |
| – Percussion, feed and boom | 1 x 130 l/min variable displacement axial piston pump |
| – Rotation | 1 x 45 l/min gear pump |
| – Basket boom | 1 x 45 l/min gear pump in left hand boom pump unit |

| | |
|------------|---------------|
| Filtration | |
| – Pressure | 1 x 25 micron |

OIL TANK UNIT

| | |
|-----------------|------------------------|
| Oil tank volume | max 200 l, min 115 l |
| Tank filling | 1 x manual pump |
| Oil cooling | 2 x OW 30 water cooler |
| Filtration | |
| – Return | 1 x 12 micron |

Air and water circuit

The C 1000 compressor is used for shank lubrication. The high pressure water pump ensures efficient cuttings removal also at high drilling speeds.

| | |
|--------------------------|------------------------------------|
| Compressor type | 1 x C 1000 |
| Capacity | 1.1 m ³ /min at 7 bar |
| Shank lubricating device | 1 x KVL 10-2 |
| Air consumption | 200-300 l/min/rock drill |
| Oil consumption | 200-300 g/h/rock drill |
| Water pump type | 1 x WBP 2, 4 kW |
| Capacity | 120 l/min, 10 bar |
| Water pressure valve | 1 x WP 70 |
| Max pressure | 42 bar |
| Max volume | 200 l/min with 1 bar pressure drop |
| Intake water pressure | 4 ... 10 bar |

ELECTRICAL SYSTEM

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| Total input power | 108 kW |
| Main switch | 1 x MSE 20 |
| Standard voltages | 380...660 V 1000 V on request |
| Voltage fluctuation | Max. $\pm 10\%$ |
| Lighting | |
| Working lights | 4 x 500 W, 220 V |
| Driving lights | 6 x 70 W, 24 V |
| Automatic cable reel | 1 x AK 2 |

TC 200 W CARRIER

The TC 200 W is a robust heavy-duty four wheel drive diesel powered jumbo carrier with center articulation and powershift transmission.

| | |
|------------------|--|
| Diesel engine | Deutz F6L 912W, 66 kW (90 hp) |
| Transmission | Clark 18000 Hydrodynamic |
| Axles | Clark-Hurth |
| Brakes | Service brake: hydraulically operated wet disc brakes for all four wheels. Parking and emergency brake: spring applied, hydraulically released fail safe type wet disc brake for all four wheels. |
| Tyres | 12.00 - 20 PR 20 |
| Steering | Frame steering, Orbitrol |
| Articulation | ± 40 degrees |
| Rear oscillation | $\pm 10/8$ degrees |
| Fuel tank | 150 l |
| Water tank | 75 l (only with water scrubber) |
| Hydraulic jacks | 2 x HM 40 front 2 x HM 75 rear |
| Safety canopy | Hydraulic, FOPS ISO 3449 |
| Ground clearance | 300 mm |

OPTIONS

FOPS safety cabin *

FOPS safety canopy for basket boom TBB 2

Air conditioning for cabin

Exhaust scrubber

Exhaust catalyzer

Water hose (1 1/2")

Water hose reel AL 2

Double flushing (air/water) with compressor CD 2000 *

Electric supply cable

Ground fault and overcurrent unit VYK 150

Portable ground and overcurrent unit VYK 250 P (max. 415 V)

Fire extinguisher (bottle only)

Manual fire suppression system (Ansul), 6 nozzles

Drill angle and depth measuring instrument TMS

Drill position and angle measuring instrument TCAD

Electric filling pump for hydraulic oil *

1000 V electric system *

TRR1 rod retainer

Hydraulic chain feed CF 145 * (Requires HL 510 S-3 rock drill instead of HL 510 S-45)

Automatic greasing system (Lincoln) for drilling booms and carrier

Greasing reel with pump and nozzle

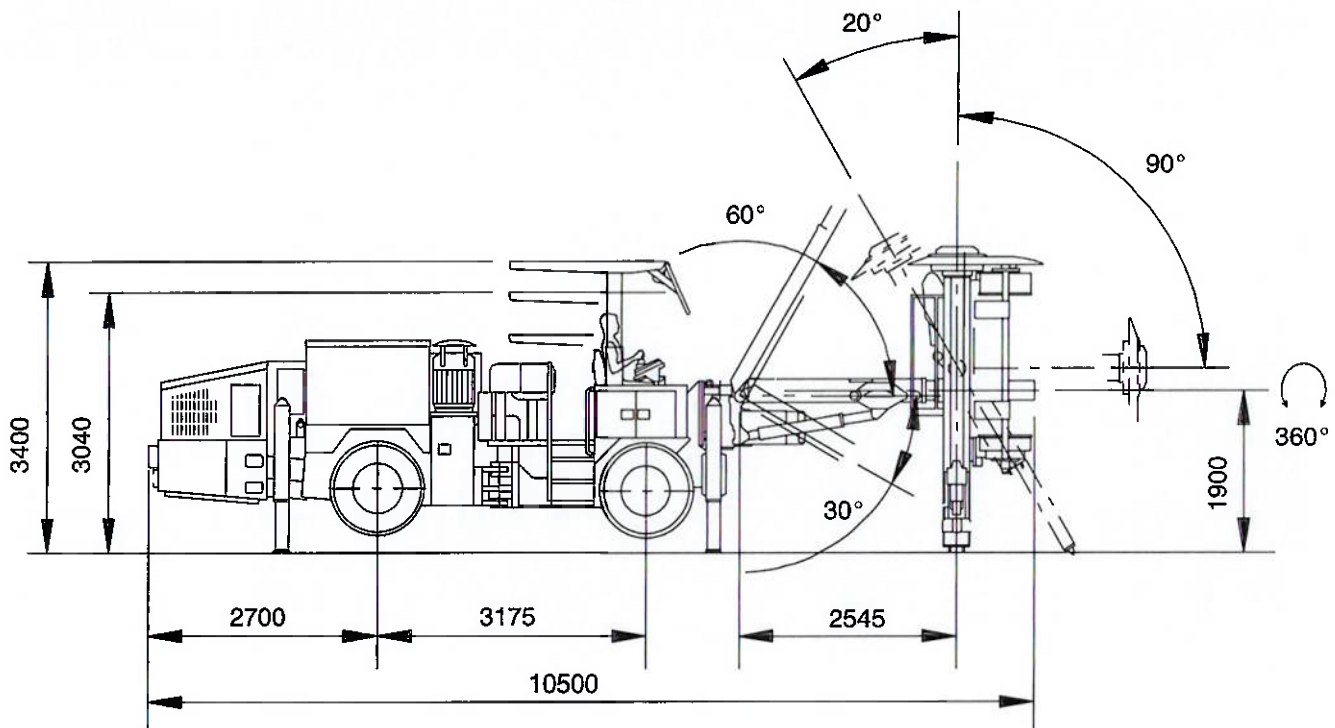
Fast filling and evacuation system (Wiggins); for fuel only

Fast filling and evacuation system (Wiggins); (fuel, transmission, engine and hydraulic oil)

Air mist flushing kit for auxiliary water/air connection

*) replaces standard component

ANEXOS B – DADOS DO FRANDRILL



Technical description

The Tamrock Solomatic 720 is a most flexible one boom electrohydraulic long-hole drilling rig for production drilling in underground mines. The rig is capable of drilling up to 35 metres long holes upwards and 40 metres long holes downwards.

The rig has been specially designed for vertical and inclined plane fans in applications like sublevel caving and undercut drilling. It is suitable also for parallel long production holes as well as for long single holes.

The ZRU 1408R drilling boom has been developed from the ZRU drifting boom for long hole drilling. The boom has wide parallel drilling coverage, long boom extension, 360° rotation and wide tilt angle ranges forward and backwards, thus offering wide drilling variety.

Quick and accurate alignment of the drilling module to the right plane is easy to adjust with positioning lights, boom extension, carrier articulation and accurate angle reading system.

The new layout has been designed to give good visibility and balance, this and the powerful four-wheel-driven centre-articulated carrier ensure fast and safe tramming. The new operator environment with easy controlling allows the operator to concentrate on safe, fast and accurate drilling.

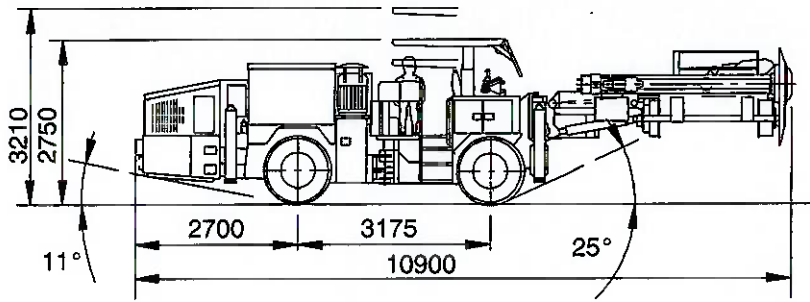
The drilling system allows drilling speeds substantially above those of conventional long-hole drilling rigs without sacrificing drill steel economy or machine reliability.

A steel handling system is fully mechanised and the carousel versions have a capacity of 22 pieces of 1.2, 1.5 or 1.8 metres (4', 5', 6') long rods, max. 1 3/4".

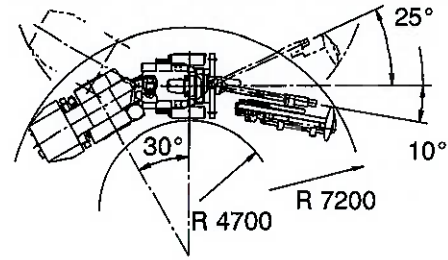
The well protected electronic controls and de-centralised hydraulics mean less and easier service and maintenance. Service points are better protected but easier to access. Built-in diagnostics help to minimise the maintenance time.

Components in basic model

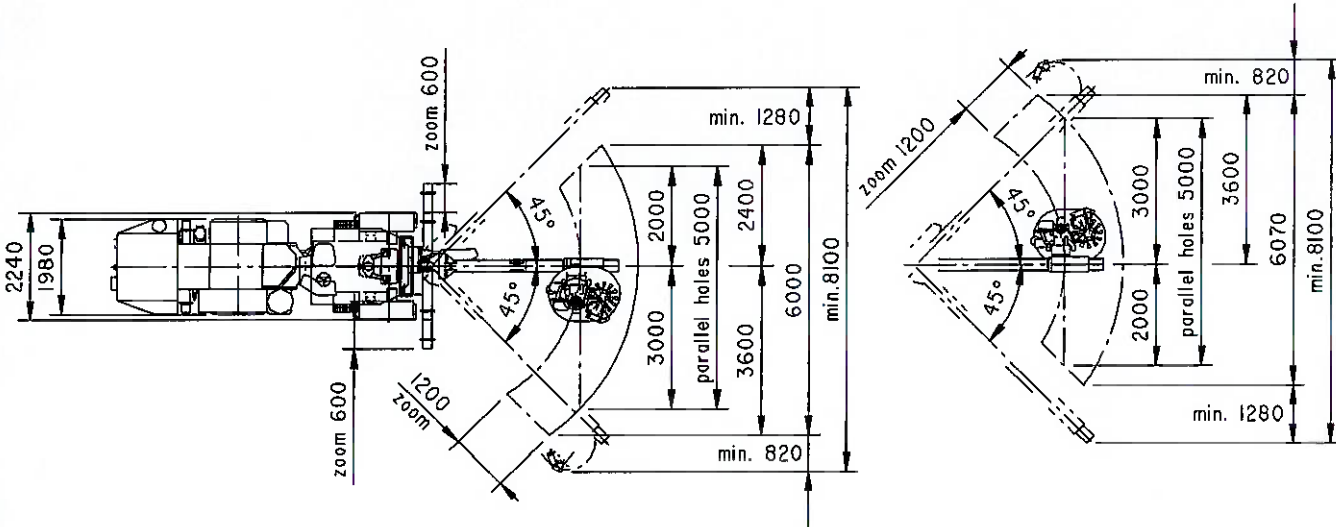
| | |
|--------------------------|--------------------|
| 1. Carrier | 1 x TC 200 W |
| 2. Rock drill | 1 x HL 700 S |
| 3. Drilling module | 1 x LF1500/Pito 14 |
| 4. Tube handling system | 1 x RC 1000 |
| 5. Boom | 1 x ZRU 1408R |
| 6. Control system | 1 x TPC LH |
| 7. Powerpack | 1 x HPP 755, 55 kW |
| 8. Oil cooler | 1 x OW 30 |
| 9. Main switch | 1 x MSE-10 |
| 10. Hydraulic jack | 4 x HM 75 |
| 11. Water pressure valve | 1 x WP 70 H |
| 12. Water booster pump | 1 x WBP 3, 7,5 kW |
| 13. Central oiler | 1 x KVL 10-1 |
| 14. Air cleaner | 1 x IP 5 |
| 15. Compressor | 1 x C 1000, 7.5 kW |
| 16. Automatic cable reel | 1 x AK 2 |
| 17. Lighting, working: | 4 x 500 W, 220 V |
| driving: | 6 x 70 W, 24 V |
| 18. Cuttings collector | 1 x CC 1014 |
| 19. Positioning lights | 2 x Laser type |



DRILLING UPWARDS



DRILLING DOWNWARDS



Main Weights, Dimensions and Performance

| | |
|-------------------------------|----------|
| Length (in drilling position) | 10500 mm |
| Length (in driving position) | 10900 mm |
| Width | 2240 mm |
| Height, | |
| min. (driving) | 2750 mm |
| max. (drilling) | 3700 mm |
| Weight (basic model) | 18500 kg |

| | |
|----------------|---------|
| Tramming speed | |
| Horizontal | 10 km/h |
| 13% = 1:7 = 8° | 3 km/h |

| | |
|------------------|-------------------|
| Gradeability | 28% = 1:3.5 = 15° |
| Ground clearance | 300 mm |

| | |
|---------------------------|-----------|
| Noise level | |
| Operator worksite | 104 dB(A) |
| ISO 6394-1985 EN 791 | |
| Emitted noise level | 101 dB(A) |
| ISO/DIS 11201-1993 EN 791 | |

Main Components

HL 700 S High-Performance Rock Drill

The HL 700 S has been designed for continuous and reliable operation at high output levels with low drill steel costs. Large hole size range makes this rock drill suitable to wide range of applications.

| | |
|-------------------------|------------------|
| Weight | 245 kg |
| Length | 1134 mm |
| Height | 350 mm |
| Profile height | 252 mm |
| Kinetic power | 19.5 kW |
| Max working pressure | |
| - Percussion | 190 bar |
| - Rotation | 175 bar |
| Max torque | 860 Nm (OMT 200) |
| Hole size | 64 - 89 mm |
| Flushing water pressure | 5 - 15 bar |

Drilling Module

Drilling module consists of a LF 1500 cylinder rope feed, which has been specially designed for underground production drilling with Tamrock hydraulic rock drill. The feed consists of a feed rail made of steel, single feed cylinder and twin ropes which transmits the feed force to the rock drill carriage. Centraliser, rear stingers and cuttings collector are other standard components in the drilling module. Fully mechanised drill steel handling system RC 1000 is included in drilling module.

ZRU 1408R Boom

The ZRU 1408R is a hydraulic long-hole boom specially designed for long-hole drilling rigs. The boom is rigid and robust and capable of carrying and holding all the weight and forces created by drilling. The parallel drilling coverage is 5000 mm. High rotation torque is provided by a heavy duty rotation mechanism.

| | |
|-------------------|---------|
| Parallel coverage | 5 m |
| Feed extension | 1200 mm |
| Boom weight, net | 1500 kg |
| Rotation angle | 360 ° |

TPC LH Electrical Control System

The TPC LH is an electrical pilot control system for drilling functions. It consists of an ergonomically designed panel with electric joy-sticks and a programmable controller for advanced function, which can be on two levels, manual and sequence controls.

It has been designed to increase productivity and operator motivation and to enable high performance drilling with low drill steel costs.

Load sensing proportional boom controls enable fast and accurate boom movements. Quick coupling measuring points in the hydraulics make checking and troubleshooting fast and easy.

Drilling pressures and other functions can easily be set by turning the adjusting wheel, when the right menu has been selected. Built-in diagnostics with written information on the display make checking and troubleshooting easy also without special electrical know-how. The user can always ask for help/more information by using the info button on the operators panel.

CONTROL FUNCTIONS

| | |
|---------------------|---|
| Power control | adjustable full power adjustable collaring power |
| Antijamming control | adjustable antijamming pressure |
| Rotation control | adjustable rotation speed |

Flushing control

water flushing flow control
 air-mist flushing, option

All parameters can be easily adjusted during drilling without stopping drilling

AUTOMATIC FUNCTIONS

Collaring automatics
 Anti-jamming automatics
 Flushing automatics

Hydraulic Powerpack

HPP 655 MOTOR/PUMP UNIT

Electric motor 1 x 55 kW,
 3-phase motor

Pump types
 all pumps are variable displacement axial piston pumps

| | |
|------------------------------------|---------------|
| - Percussion and feed | 1 x 140 l/min |
| - Rotation | 1 x 65 l/min |
| - Boom movements and tube handling | 1 x 40 l/min |

Filtration
 - Pressure 1 x 20 micron

OIL TANK UNIT

| | |
|---------------|------------------------|
| Oil tank vol. | max 230 l, min 140 l |
| Tank filling | 1 x manual pump |
| Oil cooling | 1 x OW 30 water cooler |
| Filtration | |
| - Return | 1 x 12 micron |

Air and Water Circuit

The C 1000 compressor is used for shank lubrication. The air circuit is always equipped with an IP-5 air-cleaner. The water booster pump ensures efficient cuttings removal also at high drilling speeds and in the longest holes.

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| Compressor type | 1 x C 1000, 7.5 kW |
| Capacity | 1.0 m ³ /min at 7 bar |
| Shank lubricating device | 1 x KVL 10-1 |
| Air consumption | 250-350 l/min |
| Oil consumption | 250-400 g/h |
| Water pump type | 1 x WBP 3, 7.5 kW |
| Capacity | 120 l/min, 10 bar |
| Water pressure valve | 1 x WP 70 H |

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Max intake pressure | 42 bar |
| Max volume | 200 l/min with 1 bar pressure drop |

Electrical System

| | |
|----------------------|---|
| Total input power | 80 kW |
| Main switch | 1 x MSE-10 |
| Standard voltages | 380...660 V/ 50 or 60 Hz 1000 V on request |
| Lighting | |
| Working lights | 4 x 500 W, 220 V |
| Driving lights | 6 x 70 W, 24 V |
| Automatic cable reel | 1 x AK 2 |

TC 200 W Carrier

The TC 200 W is a robust heavy-duty four wheel drive diesel powered jumbo carrier with center articulation and powershift transmission.

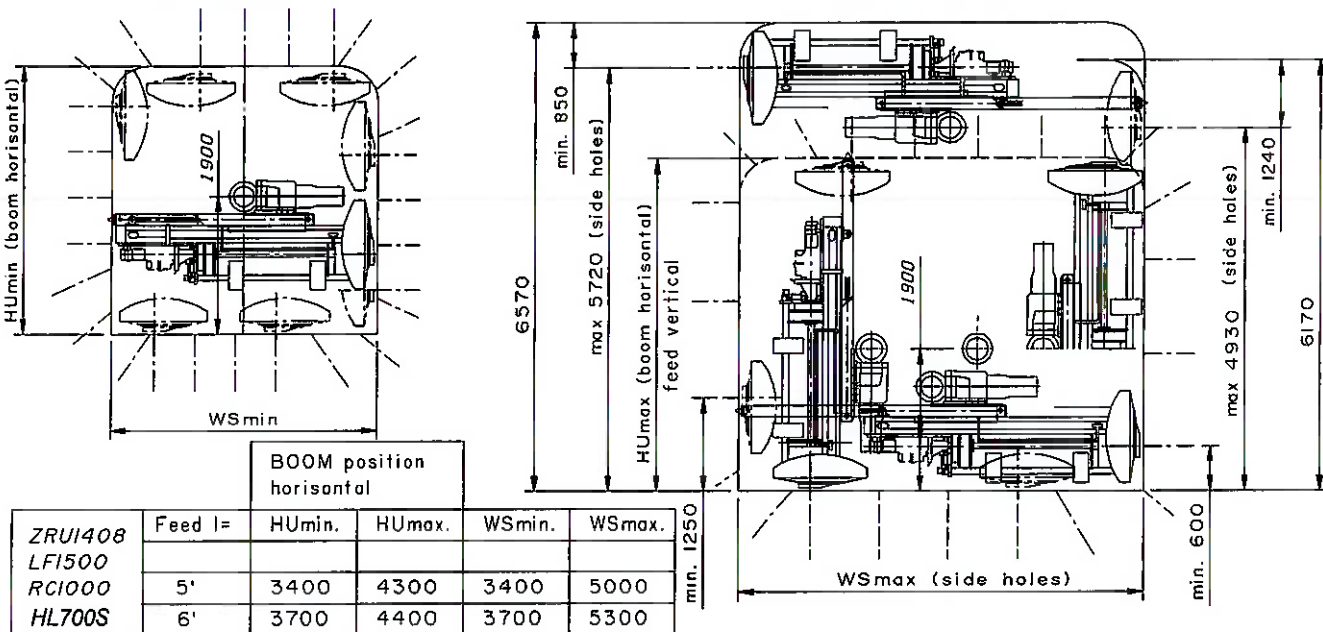
| | |
|------------------|---|
| Diesel engine | Deutz F6L 912W, 66 kW (90 hp) |
| Transmission | Clark 20000 Hydrodynamic |
| Axles | Clark-Hurth, front axle wide |
| Brakes | Service brake: hydraulically operated wet discbrakes for all four wheels. Parking and emergency brake: spring applied, hydraulically released fail safe type wet disc brake for all four wheels. |
| Tyres | 12.00 - 20 PR 20 |
| Steering | Frame steering, Orbitrol |
| Articulation | ±30 ° |
| Rear oscillation | ±10 ° |
| Ground clearance | 300 mm |
| Fuel tank | 150 l |
| Water tank | 150 l (only with waterscrubber) |
| Hydraulic jacks | 1 x Front frame stabiliser 2 x HM 75 rear |

Options

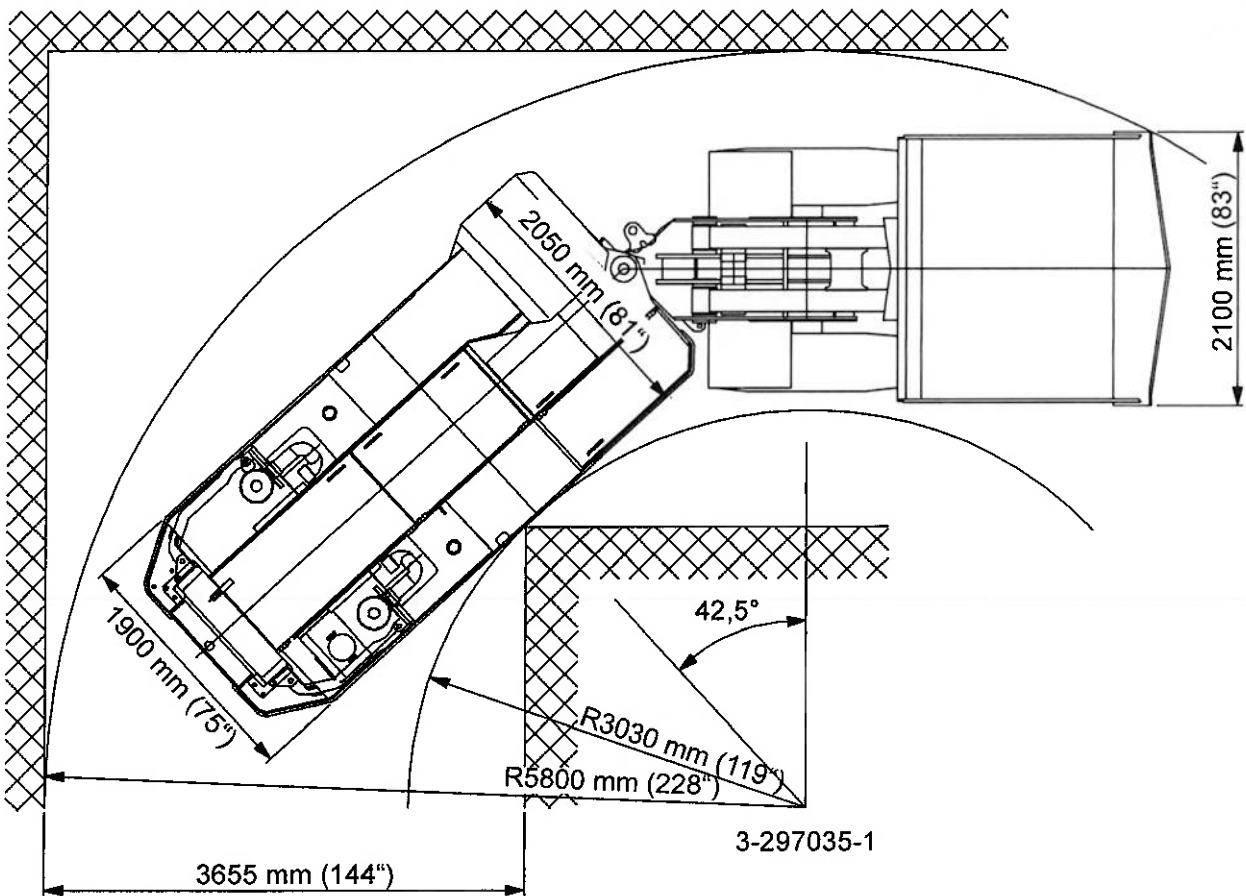
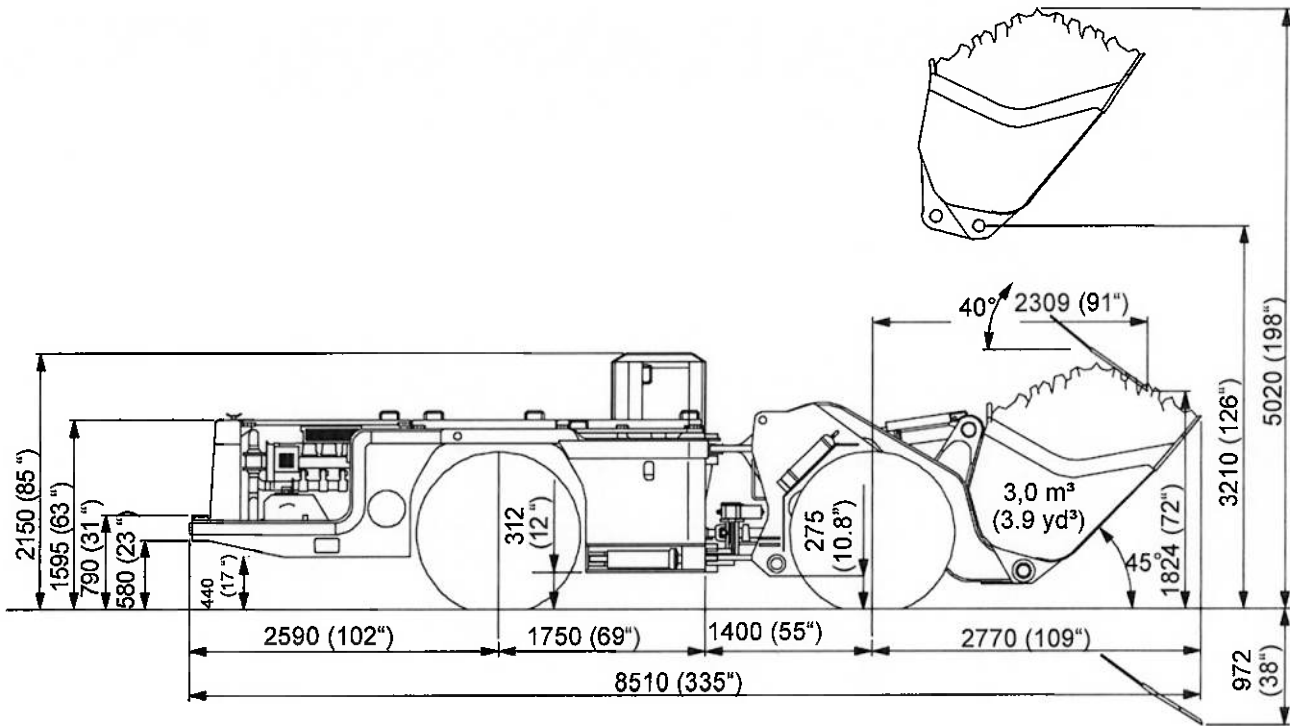
- Readiness for two rod diameter, double tool system
- Exhaust scrubber
- Exhaust catalyzer
- Safety canopy Hydraulic, FOPS ISO 3449
- Safety cabin FOPS ISO 3449
- * Air conditioning
- Cable
- Ground fault and over current unit, VYK 100
- Portable ground fault and over current unit, VYK 160 P (max. 415 V)
- 1000 V electric system
- Automatic water hose reel, AL 2
- Water hose
- Greasing reel with pump and nozzle
- Centralized greasing
- Automatic greasing system
- Drilling instrumentation TMS, D,DD,DDS
- Fire extinguisher
- Fire suppression system, 6 nozzles
- High-pressure cleaning system
- Air mist flushing with outer compressed air feed
- Double control system (two panels)
- Electric filling pump
- Front stinger, zoom 2000 mm

MIN. COVERAGE

MAX. COVERAGE



ANEXOS C – DADOS DA LHD



SANDVIK TAMROCK reserves the right to change this specification without further notice



SANDVIK TAMROCK Corp., P.O. Box 434
FIN-20101 Turku, Finland
Tel. +358 20544131
Fax. +358 20544130

Main dimensions

| | |
|------------------------------|-----------------|
| Total length | 8 510 mm (335") |
| Width without bucket | 2 130 mm (81") |
| Maximum width | 2 230 mm (88") |
| Height without safety canopy | 1 740 mm (69") |
| Height with safety canopy | 2 150 mm (85") |

Weights

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Operating weight | 16 600 kg (36 597 lb) |
| Total loaded weight | 22 800 kg (50 266 lb) |
| Shipping weight | 16 400 kg (36 156 lb) |
| Axle weights without load: | |
| front axle | 7 550 kg (16 645 lb) |
| rear axle | 9 050 kg (19 952 lb) |
| Axle weights with load: | |
| front axle | 17 575 kg (38 746 lb) |
| rear axle | 5 225 kg (11 519 lb) |

Capacities

| | |
|----------------------|---|
| Tramming capacity | 6 200 kg (13 670 lb) |
| Breakout force, lift | 130 kN (13 200 kg) (29 100 lb) |
| Breakout force, tilt | 106 kN (10 900 kg) (24 022 lb) |
| Tipping load | 12 600 kg (27 778 lb) |
| Bucket std. | 3,0 m ³ (3.9yd ³), HB500/400 |

Bucket motion times

| | |
|---------------|----------|
| Raising time | 6,7 sec. |
| Lowering time | 3,9 sec. |
| Tipping time | 2,0 sec. |

Driving speeds forward and reverse

| | |
|----------|----------------------|
| 1st gear | 5,0 km/h (3.1 mph) |
| 2nd gear | 10,0 km/h (6.2 mph) |
| 3rd gear | 25,0 km/h (15.5 mph) |

Frame

| | |
|----------------------|--|
| Rear and front frame | Welded steel construction |
| Material | Raex 384 (St 52-3) |
| Central hinge | Fully sealed, adjustable upper bearing |
| Material | Raex 384 (St 52-3) |

Standard engine

| | |
|----------------------|--|
| Diesel engine | Deutz BF4M 1013C |
| Output | 112 kW/2300 r/min (150 hp) |
| Torque | 572 Nm 1400 r/min |
| Number of cylinders | in line 4 |
| Displacement | 4760 cm ³ |
| Cooling system | Water cooled |
| Combustion principle | 4-stroke/turbo, intercooler |
| Electric system | 24V |
| Air filtering | Donaldson |
| Exhaust system | Catalytic purifier, muffler and exhaust pipe |
| Fuel tank capacity | 180 l (47 gal.) |

Standard converter

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| Dana SOH, C 273 | one-stage, transformation ratio 3,1:1 |
|-----------------|---------------------------------------|

Gearbox

| | |
|-------------------|---|
| Dana SOH, R 28361 | power shift (mechanical gear shift control) transmission with modulation, three gears forward and reverse |
|-------------------|---|

Standard axles

| | |
|------------|--|
| Front axle | Dana SOH, 16D 2149 LCB, No Spin, fixed |
| Rear axle | Dana SOH, 16D 2149 LCB, Posi-Torq without springs differential. oscillating ± 10°. |

Standard tyres

| | |
|---------------------|----------------------------|
| Size and type | 17.5*25 L5S, Bridgestone |
| Air pressure, front | 500 kPa (5,0 bar) (73 psi) |
| Air pressure, rear | 350 kPa (3,5 bar) (51 psi) |

Standard Canopy

| | |
|-----------------------|---------------------|
| Safety canopy. | |
| Height | 2150 mm (85") |
| Operators compartment | Width 2050 mm (81") |

Steering hydraulics

Full hydraulic, centre-point articulation, power steering with two double acting cylinders. Steering system is equipped with servo controlled stick steering. Emergency steering is optional.

| | |
|-----------------------------------|----------------|
| Turning angle | ±42,5° |
| Turning radius (with std bucket): | |
| inner | 3030 mm (119") |
| outer | 5780 mm (228") |

Main components in steering system:

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| Main valve | Rexroth |
| Servo control valve | Rexroth |
| Steering cylinders | ø100 mm (3.9"), Tamrock |
| Steering and servo hydraulic pumps | gear type, Commercial |

Pressure settings:

| | |
|--|------------------|
| Steering hydraulics, main relief valve | 21,0 MPa(210bar) |
| Shock load valves | 12,5 MPa(125bar) |

Bucket hydraulics

Monostick bucket and boom control (hydraulic). Full hydraulic servo controlled system, equipped with two gear pumps. One is for the servo circuit and other delivers oil to the bucket hydraulic main valve. The oil flow from steering hydraulic pump is directed to bucket hydraulics when steering is not used.

Main components:

| | |
|-----------------------------|-------------------------|
| Lift cylinders (2 pcs) | ø140 mm (5.5"), Tamrock |
| Tilt cylinder | ø200 mm (7.9"), Tamrock |
| Servo control valve | Rexroth |
| Main valve | Hamworthy Hydreco |
| Pump for bucket hydraulics | gear type, Commercial |
| Fittings | ORFS |
| Hydraulic oil tank capacity | appr. 160 l (42.3 gal) |
| Lift arm safety lock (CEN). | |

Pressure setting for:

| | |
|-------------------|--------------------|
| Servo circuit | 2.5 Mpa (25 bar) |
| Bucket hydraulics | 21.0 Mpa (210 bar) |
| Shock load valves | 25.0 Mpa (250 bar) |

Standard Lubrication system

Manual centralized lubrication

Standard brakes

Service brakes are hydraulically operated and liquid cooled (LCB) multi-disc brakes on all wheels, two separate circuits for the front and rear axle. Service brakes also function as an emergency brake, when emergency brake hand valve is on. Parking brake is spring applied, hydraulically released dry disc brake affecting on the front axles drive line.

Main components in the brake system:

| | |
|----------------------|---------|
| Pressure accumulator | Bosch |
| Brake pedal valve | Rexroth |
| Parking brake | Tamrock |
| Charging valve | Rexroth |

Standard Lubrication system

Centralized manual lubrication

Electrical equipment

| | |
|----------------------------|---|
| Alternator | 24 V 35 A, Bosch |
| Batteries | 2 x 12 V, 105 Ah |
| Starter | 5,4 kW 24 V, Bosch |
| Driving and parking lights | 2 pcs in front (H1 70W) 2 pcs in rear (H1 70W) |

Electrical gauges

Others

Decal language ENG/FIN/SWE/RUS/SPA/DEU/FRA.

Standard manuals

3pcs Spare part manual:

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Operation instructions | main European languages |
| Maintenance instructions | main European languages |
| Engine spare part information | English |
| Machine spare part information | English |

Workshop manual

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Operation instructions | main European languages |
| Maintenance instructions | main European languages |
| Engine workshop manual | Original |
| Power train components manual | Original |
| Optional equipment instructions | English |

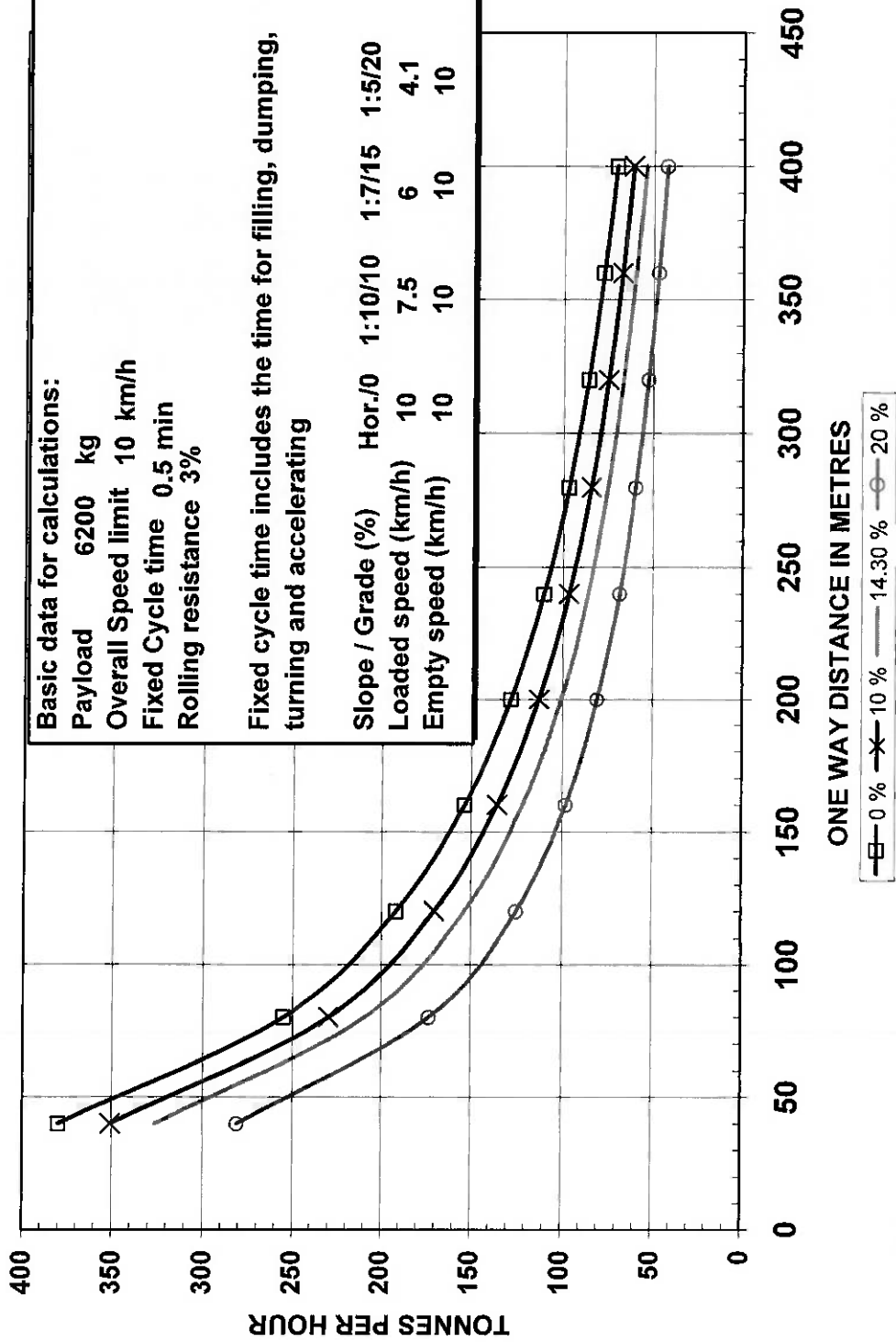
Optional equipment

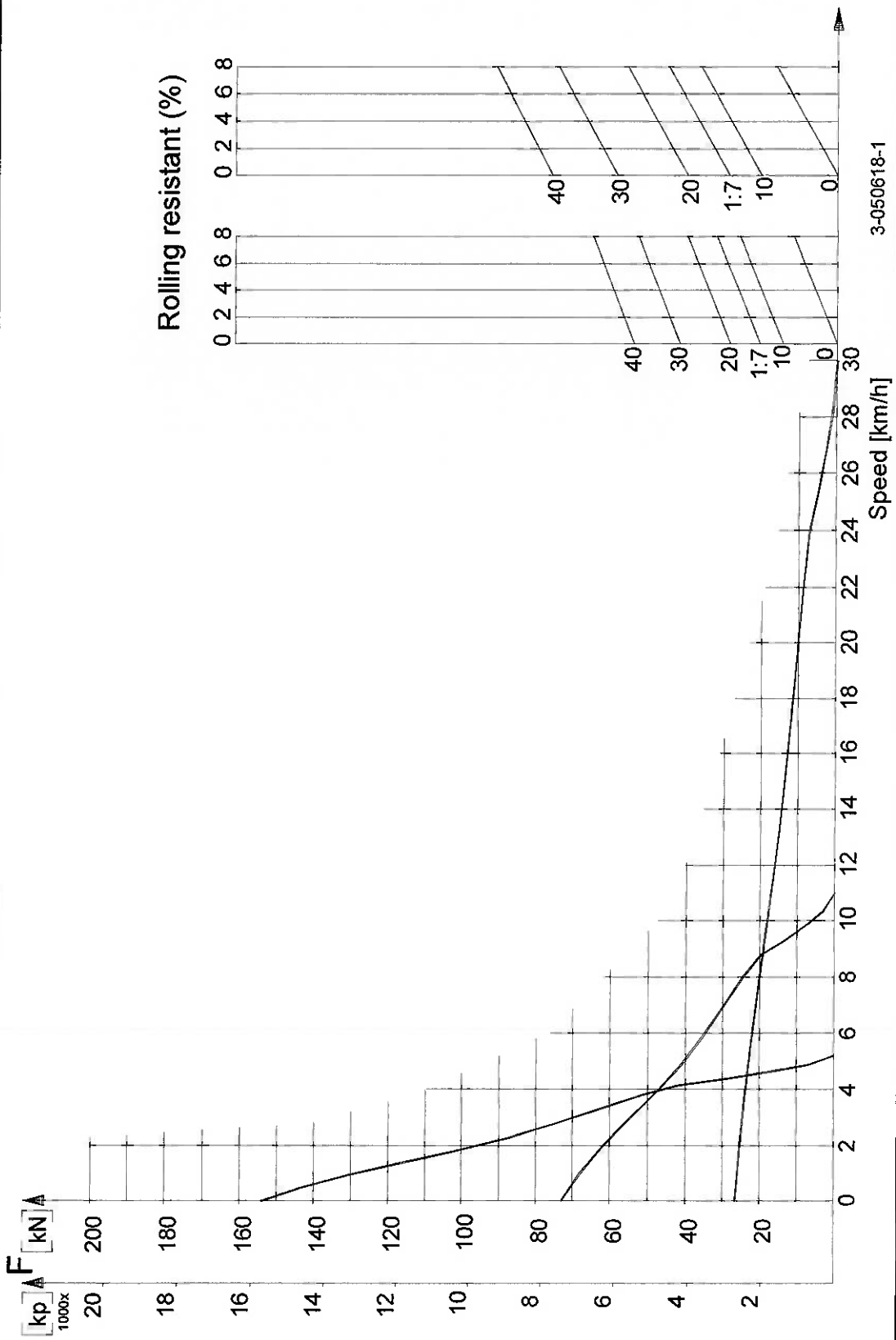
- * replaces standard equipment
- * Bucket size 2,7 m³ (3.5 yd³), width 1900 mm (75"), HB500/400.
- * Bucket size 3,0 m³ (4.0yd³), width 1900 mm (75"), HB500/400.
- * Bucket size 3,3 m³ (4.3yd³), width 2100 mm (83"), HB500/400.
- * Ejector bucket, 3.0 m³ (4.0yd³), width 2100 mm (83"), HB500/400.
- * Electrical gear shifter.
- * Automatic central lubrication.
- * Axles Dana SOH, POSI-STOP brakes.
- Automatic brake activation ABA.
- Signal light for hydr. Oil and fuel level (CEN).
- Fire suppression system ANSUL, 6 nozzles (CEN).
- Fire extinguisher 12kg (CEN).
- Additional spare part manual.
- Additional workshop manual.
- Cat Base spare part manual.
- TORO RRC, complete.
- RRC interface (TORO std.).
- Spare wheel 17.5*25 L5S/BS.
- Spare rim (17.5*25).
- Disassembly needed shaft dim: _____ mm x _____ mm.



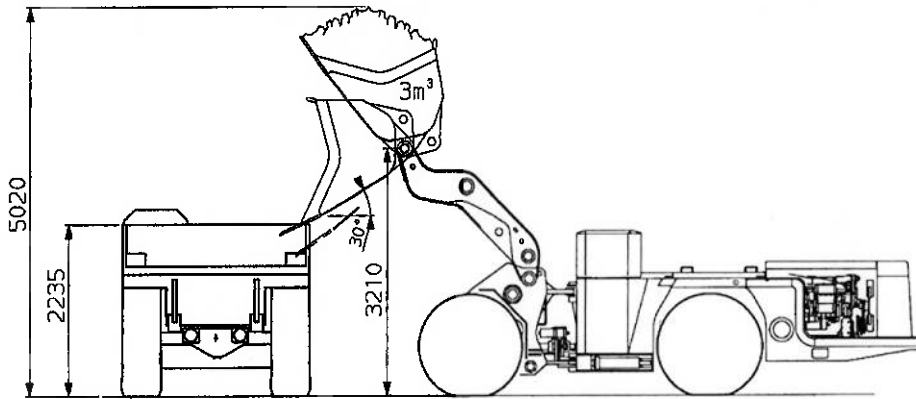
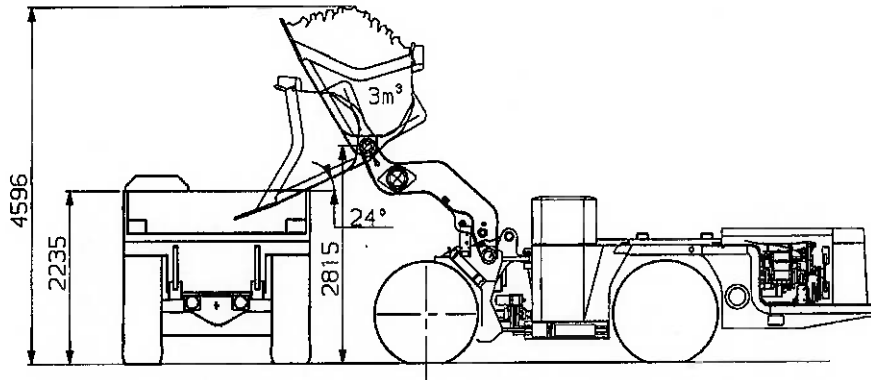
TORO 301 High Lift

PRODUCTIVITY CURVE





3-050618-1



ANEXOS D – DADOS DO CAMINHÃO



MODEL: EJC 20

TECHNICAL SPECIFICATION

***A MID-SIZE TRUCK OFFERING NEW PRODUCTION
POSSIBILITIES***

CAPACITY: 22 SHORT TONS (20 TONNES)



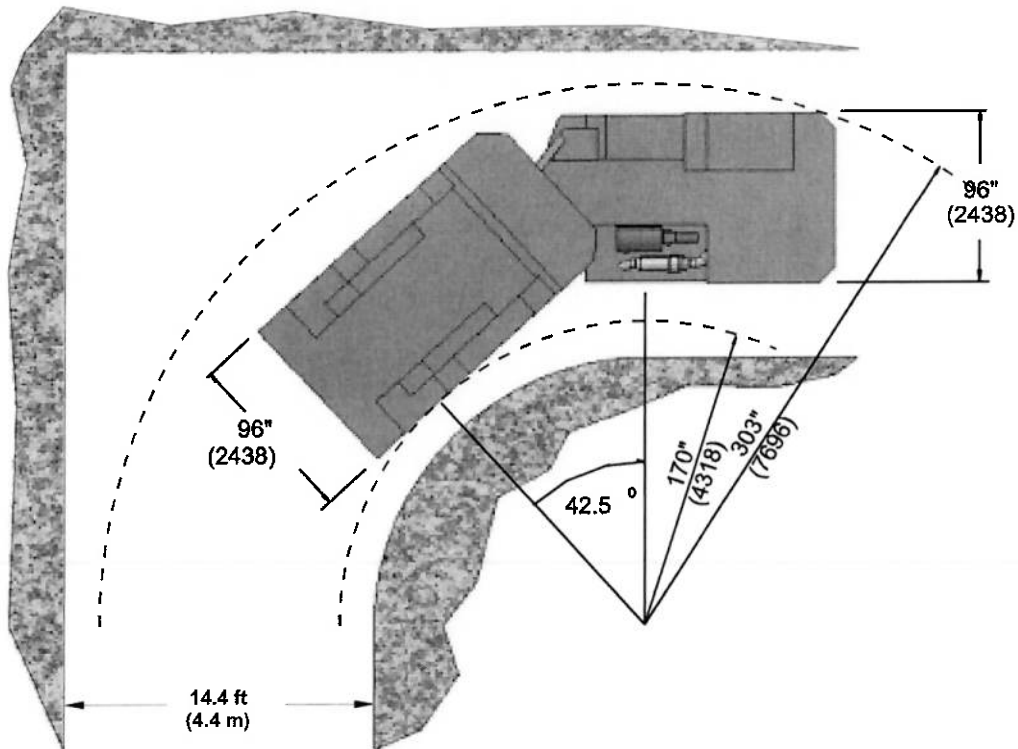
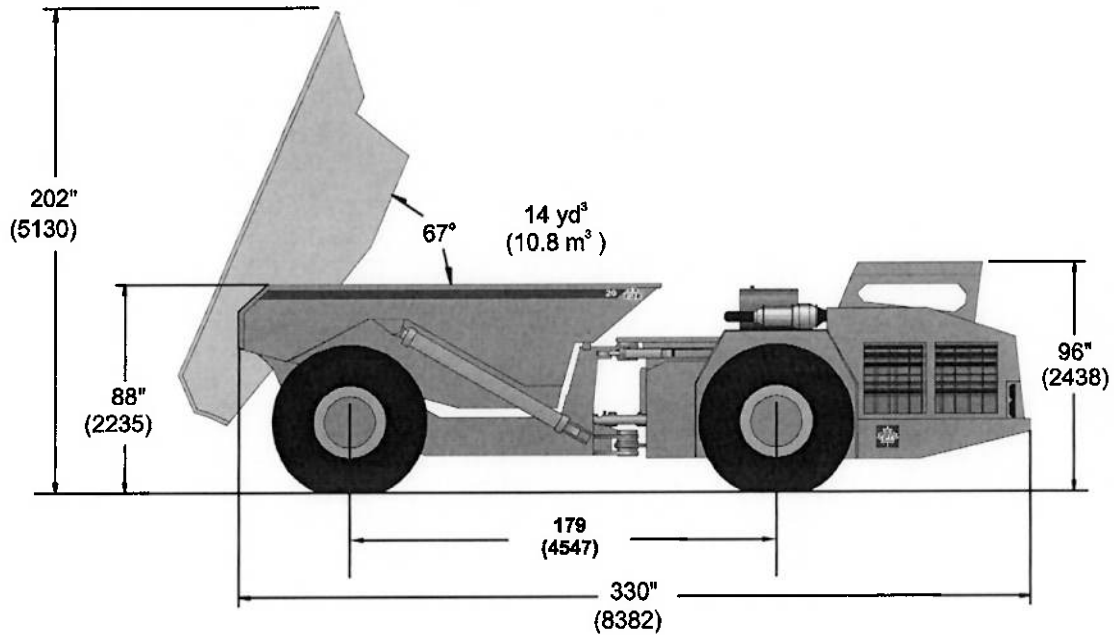
Revision Date: 4/10/00
Sandvik-Tamrock reserves the right to change this
specification without notice



Tamrock Loaders Inc.
4445 Fairview Street, Burlington
Ontario, Canada L7L 2A4
Tel.: (905) 632-4940
Fax: (905) 639-0876



Main Dimensions



Vertical dimensions are based on a non-loaded condition. Subtract 1.5" (38 mm) for loaded.
Optional enclosed operators cabin shown.





Specification Sheet

| | |
|--|---|
| SANDVIK TAMROCK EJC Loaders Division EJC 20 | CUSTOMER: _____ P.O. NBR. _____ SHIP DATE _____ |
| 4/21/99 | |
| STANDARD UNIT Detroit Diesel Series 50 diesel engine, 275 HP (205 kW) Donaldson dry type air cleaner ECS catalytic exhaust purifier with silencer Clark transmission Clark torque converter with manual lock-up Clark axles with "Posi-stop" liquid cooled brakes 18.00R25 Bridgestone tires 14.0 yd ³ (10.8 m ³) SAE rated dump box Forward facing open operator's compartment Wheel type steering control Pilot operated lever type dump box control Electric transmission controls Central hydraulic pressure test points Electric gauges Back-up alarm, audible 24-volt DC electrical system Central manual lube SAE type hose fittings (JIC) Four (4) English parts manuals 4 operator and 4 service manuals BASE UNIT PRICE A1 = no impact on delivery time; A2 = delivery time on request OPTIONAL EQUIPMENT | |
| <input type="checkbox"/> A2 *Side seated operator with stick steering <input type="checkbox"/> A2 * Enclosed forward facing operator's cab with A/C <input type="checkbox"/> A2 * Ejector box with hydraulic tailgate <input type="checkbox"/> A1 * Automatic lubrication system <input type="checkbox"/> A1 Operator's safety canopy <input type="checkbox"/> A2 Fire suppression system, Ansul 6 nozzle <input type="checkbox"/> A2 Automatic fire suppression system, Ansul 6 nozzle (Checkfire II) <input type="checkbox"/> A1 Electronic Display Module (Detroit Series 50) <input type="checkbox"/> A1 HTI Insulation on turbo/manifold (Detroit Series 50) <input type="checkbox"/> A2 Emergency steering system (EC regulations) <input type="checkbox"/> A1 Jacobsen exhaust brake (Detroit Series 50) <input type="checkbox"/> A2 Hydraulically operated tailgate <input type="checkbox"/> A1 Spare rim & tire, standard (18.00R25) <input type="checkbox"/> A1 Spare rim <input type="checkbox"/> A1 Additional parts manuals <input type="checkbox"/> A1 Additional service manuals | |
| (*) Replaces the standard equipment | |

Revision Date: 4/10/00
 Sandvik-Tamrock reserves the right to change this specification without notice



Tamrock Loaders Inc.
 4445 Fairview Street, Burlington
 Ontario, Canada L7L 2A4
 Tel.: (905) 632-4940
 Fax: (905) 639-0876



Standard Unit

Main dimensions

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Total length | 8 382 mm (330") |
| Total width | 2 438 mm (96") |
| Height with safety canopy | 2 438 mm (96") |
| Height of dump box | 2 235 mm (88") |
| Dump Height | 5 130 mm (202") |

Weights

| | |
|---------------------|------------------------|
| Operating weight | 19 051 kg (42 000 lb.) |
| Total loaded weight | 39 010 kg (86 000 lb.) |
| Shipping weight | 18 824 kg (41 500 lb.) |

Axle weights without load

| | |
|------------|------------------------|
| front axle | 13 381 kg (29 500 lb.) |
| rear axle | 5 670 kg (12 500 lb.) |

Axle weights with load

| | |
|------------|------------------------|
| front axle | 18 779 kg (41 400 lb.) |
| rear axle | 20 231 kg (44 600 lb.) |

Capacities

| | |
|-----------------------|---|
| Payload | 20 000 kg (44 000 lb.) |
| Dump box volume (SAE) | 10.0 - 11.5 m ³ (13 - 15 yd ³) |

Dump box motion times

| | |
|------------------|---------|
| Discharging time | 14 sec. |
| Dumping angle | 67° |

Driving speeds forward and reverse (Loaded)

| | |
|----------|-------------------------|
| 1st gear | 4.8 km/h (3.0 m.p.h.) |
| 2nd gear | 8.8 km/h (5.5 m.p.h.) |
| 3rd gear | 15.4 km/h (9.6 m.p.h.) |
| 4th gear | 28.0 km/h (17.5 m.p.h.) |

Frame

| | |
|----------------------|---|
| Rear and front frame | Welded steel box construction |
| Material | G40.21 - 50wt Cat. #3 |
| Central hinge | full plate, clevis type with spherical bearings |

Dump box construction

| | |
|--------------|-------------------------------|
| Construction | Welded steel box construction |
| Material | Hardox 400 BHN |

Standard Engine

| | |
|----------------------|--|
| Diesel engine | Detroit Diesel Series 50 |
| Output | 207 kW (275 HP) @ 2100 RPM |
| Torque | 1186Nm (875 lb.ft.) @ 1350 RPM |
| Number of cylinders | In line 4 |
| Displacement | 8.5 litres (519 in ³) |
| Cooling system | Liquid Cooled |
| Combustion principle | Direct injected, turbo charged, after cooled |
| Air filtration | Donaldson, dry type |
| Electric system | 24 V |
| Exhaust system | Catalytic purifier with silencer |

Torque Converter

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| Clark CL5502 | Single stage, |
| 3.09 torque multiplication ratio, | |
| 0.895:1 offset ratio | |

Transmission

| | |
|------------|-----------------------------|
| Clark 4422 | 4-speed forward and reverse |
|------------|-----------------------------|

Standard axles

| | |
|------------|---|
| Front axle | Clark 19D2748, standard differential, oscillating ± 7°. |
| Rear axle | Clark 19D2748, standard differential, fixed. |

Standard tires

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Tire size | 18:00 R25 |
| Type | Bridgestone VEL E3** |
| Air pressure, front | 552 kPa (5.52 bar) (80 psi) |
| Air pressure, rear | 552 kPa (5.52 bar) (80 psi) |

Steering hydraulics

Full hydraulic power steering, centre articulated with double acting steering cylinders. Open centre system with a gear pump and orbitrol steering wheel control

Turning radius:

| | | |
|-------|---------------|------------------|
| Right | inner | 4 318 mm (170 ") |
| | outer | 7 696 mm (303 ") |
| | Turning angle | 42° |

Main components in steering system:

| | |
|--------------------|---|
| Hydraulic pump | Gear pump |
| Control valve | Pilot operated |
| Steering cylinders | 100 mm bore X 51 mm rod (3.94" X 2.01") |

Pressure settings:

| | |
|--------------------|-------------------------------|
| Main relief | 15.8 MPa(158 bar) (2 300 psi) |
| Port relief valves | 17.9 MPa(179 bar) (2 600 psi) |

Dump box hydraulics

Full hydraulic open-centre system with one gear pump. Oil flows to the dump box hydraulic system from the pump when the steering system is not in use. Pilot operated lever dump box control.

Main components:

| | |
|--------------------|--|
| Dump cylinders (2) | Double acting 125 mm bore X 90 mm rod (4.92" X 3.54") |
| Hydraulic pump | Gear pump |
| Control valve | Pilot operated |

Pressure Settings:

| | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| Main relief | 17.2 MPa (172 bar) (2 500 psi) |
| Port reliefs | 18.6 MPa (186 bar) (2 700psi) |
| Hydraulic oil tank capacity | Approx. 212 l (56 gal) |

Standard brakes

Service brakes are spring applied/hydraulically released, liquid cooled (LCB) multi-disc brakes on all wheels. Service brakes also function as an emergency brake, when the emergency brake hand valve is on.

Main components in the brake system:

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| Pressure accumulators | Piston type with charging valve |
| Brake pedal valve | Modulated |

Electrical equipment

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Alternator | 24 V 60 A, Delco-Remy |
| Batteries | 2 x 12 V, 700 CCA |
| Starter | 9 kW, 24 V, Delco-Remy |
| Driving and working lights | 4pcs front, 2pcs rear |

Standard manuals (customer)

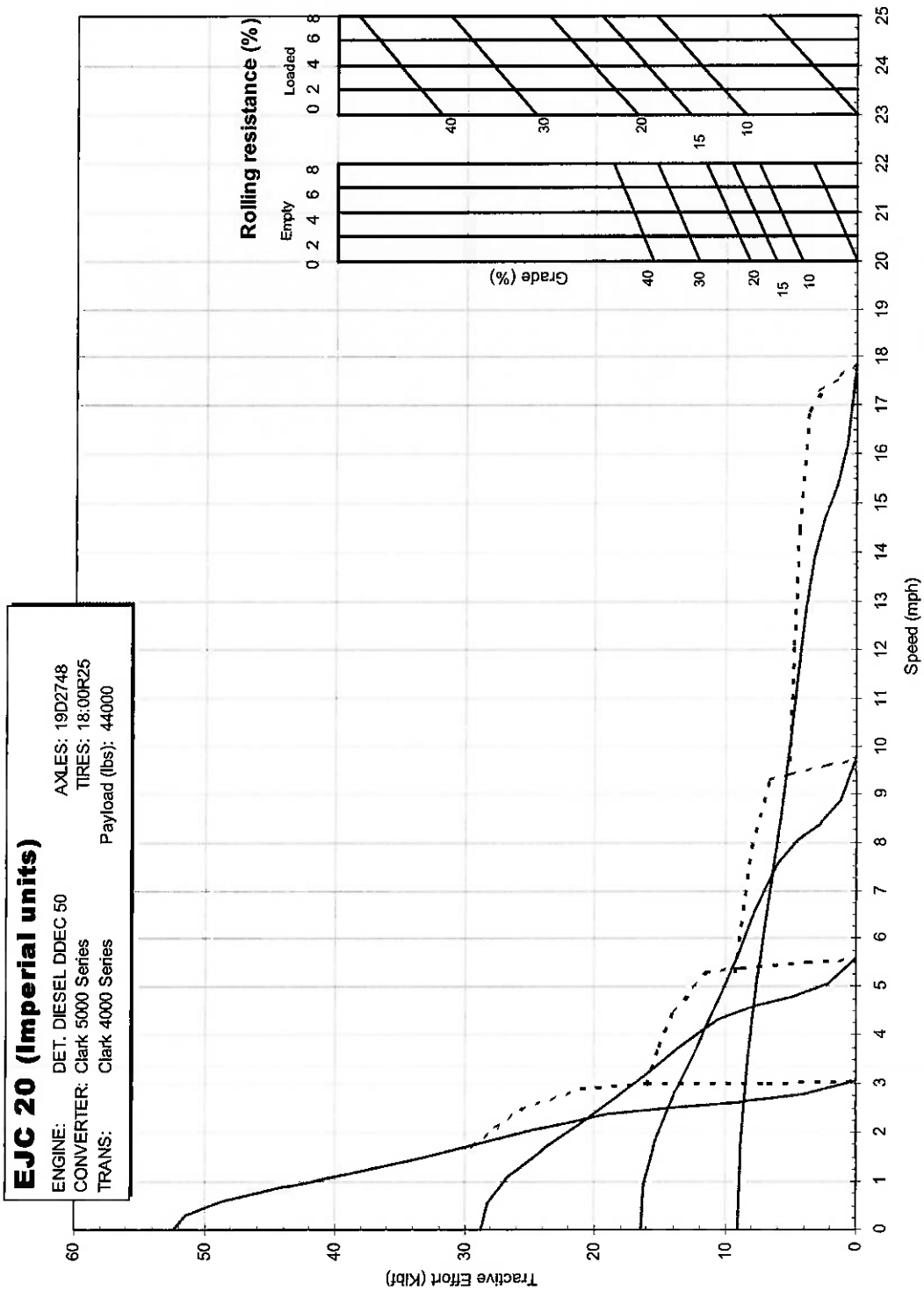
| | |
|---------------------------|---------|
| 3 pcs Spare parts manuals | English |
| 3 Operators manual | English |
| 3 Service manual | English |

Standard manuals (market area)

| | |
|---------------------------|---------|
| 1 pcs Spare parts manuals | English |
| 1 Operators manual | English |
| 1 Service manual | English |



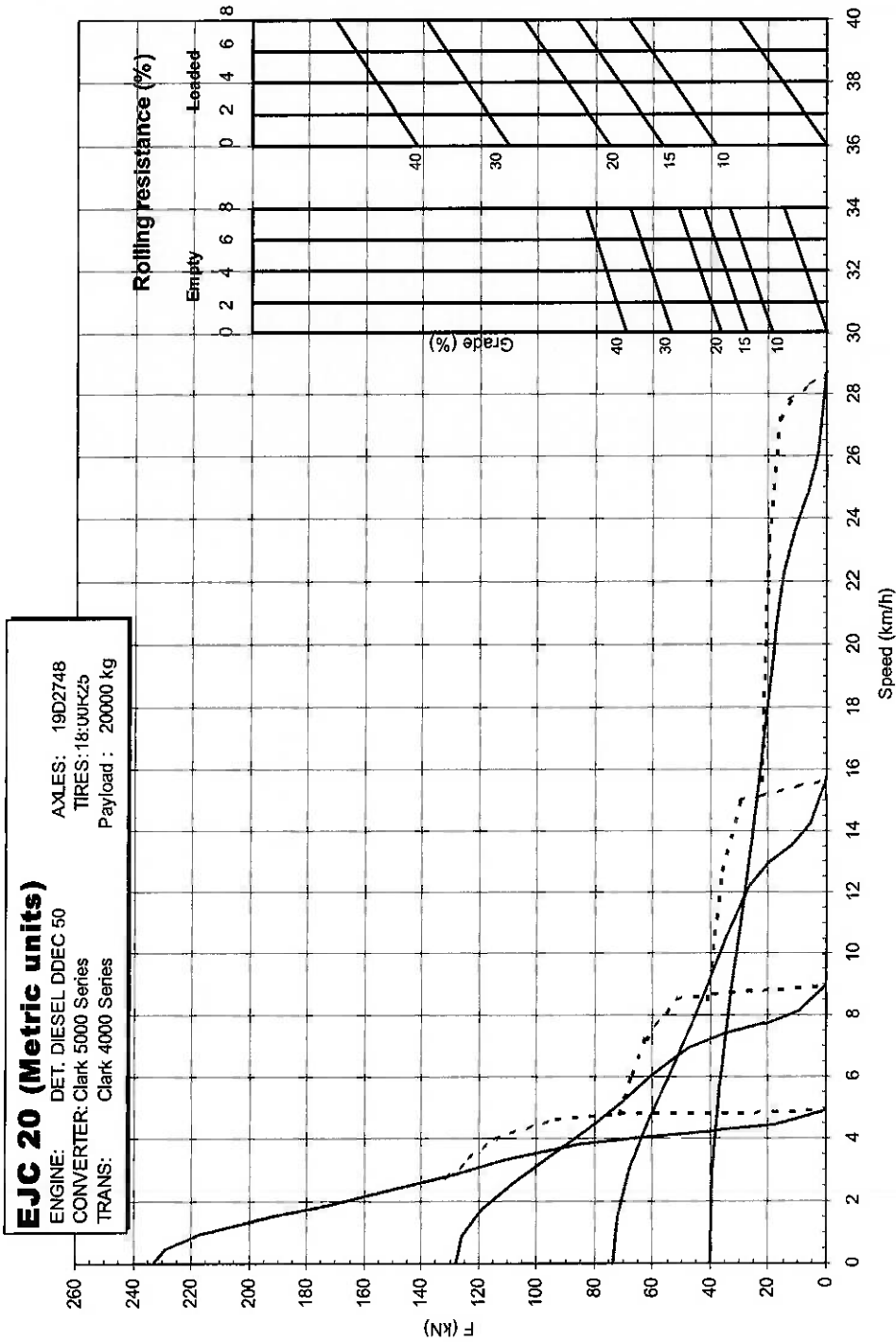
Speeds on Grade



Revision Date: 4/10/00
 Sandvik-Tamrock reserves the right to change this specification without notice



Tamrock Loaders Inc.
 4445 Fairview Street, Burlington
 Ontario, Canada L7L 2A4
 Tel.: (905) 632-4940
 Fax: (905) 639-0876



Revision Date: 4/10/00
 Sandvik-Tamrock reserves the right to change this specification without notice



Tamrock Loaders Inc.
 4445 Fairview Street, Burlington
 Ontario, Canada L7L 2A4
 Tel.: (905) 632-4940
 Fax: (905) 639-0876