

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**“DISEÑO DE PERFORACION Y VOLADURA APLICANDO EL METODO DE
REGRESION LINEAL PARA CONTROLAR EL AVANCE Y LA SOBREROTURA
EN LA MINA SAN JUAN DE CHORUNGA - AREQUIPA”**

**PRESENTADO POR:
BACH. JORGE QUISPE TRUJILLO**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE:
INGENIERO DE MINAS**

**ASESOR:
MGT. EDMUNDO ALARCON CACERES**

**CUSCO-PERÚ
2021**

DEDICATORIA

A mis padres JORGE Y LEONARDA, a mi hermano, hermanas y tías por su incondicional y permanente apoyo y motivación hacia mi persona quienes están presentes cuanto más los necesito.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, a DIOS todo poderoso quien guía el camino de la vida; a mis padres y a mis tías que, con sus enseñanzas, me enseñaron a luchar por lo que nos proponemos. A la gloriosa Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco por ser el lugar de conocimientos y formación, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por las sabias enseñanzas, al Mgt. Edmundo Alarcón Cáceres por su orientación en la realización del presente trabajo que sin su ayuda no hubiera sido posible el desarrollo de esta Tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE DE CUADROS	VIII
INDICE DE GRAFICOS	XV
INTRODUCCION	1
RESUMEN	3
ABSTRAC	5
CAPÍTULO I	7
MARCO METODOLOGICO	7
1.1. Planteamiento del problema.	7
1.2. Formulación del problema.	8
1.2.1. Problema principal.	8
1.2.2. Problemas específicos.	8
1.3. Objetivos.	8
1.3.1. Objetivo principal.	8
1.3.2. Objetivos específicos.	8
1.4. Justificación del Estudio.	9
1.5. Alcances	9
1.6. Hipótesis.	9
1.6.1. Hipótesis General.	9
1.6.2. Hipótesis Específicas	9
1.7. Operacionalizacion de variables	10
1.8. Metodología	11
1.8.1. Tipo y Nivel de Investigación	11
1.9. Población y muestra.	11
1.10. Matriz de Consistencia	12

CAPÍTULO II	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes de la Investigación	13
2.1.1. Antecedentes Nacionales	13
2.1.2. Antecedentes Internacionales	14
2.1.3. Antecedentes Regionales	15
2.2. Bases Teóricas	16
2.2.1. Geomecánica	16
2.2.2. Diseño de Perforación y Voladura	19
2.2.3. Selección de explosivos y accesorios	27
2.2.4. Otros métodos de voladura	31
2.2.5. Regresión Lineal	33
2.3. Marco Conceptual	35
CAPÍTULO III	37
DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA	37
3.1. Ubicación Geográfica	37
3.1.1. Coordenadas geográficas y UTM	37
3.2. Características Geológicas	38
3.2.1. Geología Regional	38
3.2.2. Geología local	39
3.2.3. Geología Económica	39
3.3. Operación Mina	42
3.3.1. Capacidad Producción	42
3.3.2. Método Explotación	42
3.3.3. Equipos y Maquinaria Utilizada	43
3.3.4. Ciclo de minado	43
3.3.5. Construcción de labores	44

CAPÍTULO IV.....	45
DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA APLICANDO REGRESIÓN LINEAL PARA CONTROLAR EL AVANCE Y SOBREROTURA	45
4.1.- Situación Actual del Avance y la sobre rotura en labores de Minado.....	45
4.1.1.- Programa de avance de labores de minado	46
4.1.3.- Ratios de Perforación y Voladura	48
4.2.- Mallas Actuales de Perforación y voladura.....	50
4.2.1.- Consumo de Explosivos	54
4.3.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal Simple (M.R.L.S.)	55
4.3.1.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral.....	55
4.3.1.1.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Galerías para Avance.....	56
4.3.1.2.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Galerías para Sobrerotura	60
4.3.1.3.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Chimeneas para Avance ...	64
4.3.1.4.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Chimeneas para Sobrerotura	66
4.3.2.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte.....	68
4.3.2.1.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Galerías para Avance.....	68
4.3.2.2.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Galerías para Sobrerotura	73
4.3.2.3.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Chimeneas para Avance .	77

4.3.2.4.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Chimeneas para Sobrerotura.....	79
4.3.4.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.).....	91
4.3.4.1.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material mineral para Galerias caso Avance y Sobrerotura	91
4.3.4.2.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material desmonte para Galerias caso Avance y Sobrerotura	92
4.3.4.3.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material mineral para Chimeneas caso Avance y Sobrerotura	94
4.3.4.4.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material desmonte para Chimeneas caso Avance y Sobrerotura	96
4.4.- Aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura para controlar el avance y la sobrerotura en la mina	107
CAPÍTULO V	112
PROPUESTA DE MEJORA EN LAS OPERACIONES DE.....	112
PERFORACION Y VOLADURA	112
5.1.- Resultados de la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura en la mina con el método de regresión lineal.....	112
5.1.1.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el método de regresión lineal simple (M.R.L.S.) para Gal 510 y Cx 710.	112
5.1.2.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el método de regresión lineal simple (M.R.L.S.) para Ch 780 y Ch 890 .	118
5.1.3.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el metodo de regresión lineal multiple (M.R.L.M) para Gal 375 y Cx 665	122

5.1.4.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el metodo de regresión lineal multiple (M.R.L.M) para Ch 770 y Ch 210	127
5.2.- Propuesta de mejora para controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga	132
5.2.1- Predicción “Y” Tendencia de los resultados de la perforación y voladura con la aplicación de herramientas computacionales	132
5.2.2.- Diseño de aplicativo computacional para el modelamiento de mallas de perforación y voladura en la mina	140
CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES	144
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	146

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Variables e indicadores del trabajo de investigación.....	10
Cuadro N° 2 Puntajes RMR de acuerdo a parámetros de roca	17
Cuadro N° 3 Índice de Calidad de roca según R.M.R.	19
Cuadro N° 4 Relación de la dureza de la roca con la distancia.....	24
Cuadro N° 5 Relación de la dureza de la roca con el coeficiente	25
Cuadro N° 6 Calculo de sección y burden.....	26
Cuadro N° 7 Calculo de Factor de Potencia en base a sección de la labor	26
Cuadro N° 8 Carga explosiva en función del barrenos	28
Cuadro N° 9 Separación de barrenos recomendada para rocas duras o semiduras en función del diámetro de perforación.....	28
Cuadro N° 10 Selección de parámetros habituales en las voladuras de contorno..	29
Cuadro N° 11 Valores para kB.....	32
Cuadro N° 12 Reservas Probadas y Probables	42
Cuadro N° 13 Programación de avances.....	47
Cuadro N° 14 Reporte de Ratios de Voladura (Avances).....	49
Cuadro N° 15 Reporte de Ratios de Voladura (Columna de carga).....	49
Cuadro N° 16 Resumen Consumo de Explosivo Año 2018.....	55
Cuadro N° 17 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Mineral.....	56
Cuadro N° 18 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 6'x6' - Mineral.....	57
Cuadro N° 19 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Mineral.....	57
Cuadro N° 20 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6'x6' (Mineral vs Avance)	58
Cuadro N° 21 Resultados variable "Y= Avance" con M.R.L.S. en sección 6'x6' en material mineral	59
Cuadro N° 22 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Mineral.....	60
Cuadro N° 23 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Mineral.....	60
Cuadro N° 24 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Mineral.....	61

Cuadro N° 25 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6'x6' (Mineral vs Sobrerotura).....	62
Cuadro N° 26 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 6'x6' en material mineral.....	63
Cuadro N° 27 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 4'x4' - Mineral.....	64
Cuadro N° 28 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 4'x4' - Mineral.....	64
Cuadro N° 29 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 4'x4' - Mineral.....	65
Cuadro N° 30 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 4'x4' (Mineral vs Avance)	65
Cuadro N° 31 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 4'x4' en material mineral	66
Cuadro N° 32 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Mineral.....	66
Cuadro N° 33 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Mineral.....	67
Cuadro N° 34 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Mineral.....	67
Cuadro N° 35 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 4'x4' (Mineral vs Sobrerotura).....	67
Cuadro N° 36 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 4'x4' en material mineral.....	68
Cuadro N° 37 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Desmonte.....	69
Cuadro N° 38 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 6'x6' - Desmonte.....	69
Cuadro N° 39 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Desmonte.....	70
Cuadro N° 40 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6'x6' (Desmonte vs Avance)	71
Cuadro N° 41 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 6'x6' en material desmorte	72

Cuadro N° 42 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6´x6´ - Desmonte.....	73
Cuadro N° 43 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 6´x6´ - Desmonte.....	73
Cuadro N° 44 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6´x6´ - Desmonte.....	74
Cuadro N° 45 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6´x6´ (Desmote vs Sobrerotura).....	75
Cuadro N° 46 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 6´x6´ en material desmote.....	76
Cuadro N° 47 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 4´x4´ - Desmote.....	77
Cuadro N° 48 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 4´x4´ - Desmote.....	77
Cuadro N° 49 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 4´x4´ - Desmote.....	78
Cuadro N° 50 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 4´x4´ (Desmote vs Avance).....	78
Cuadro N° 51 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 4´x4´ en material desmote.....	79
Cuadro N° 52 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4´x4´ - Desmote.....	79
Cuadro N° 53 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 4´x4´ - Desmote.....	80
Cuadro N° 54 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4´x4´ - Desmote.....	80
Cuadro N° 55 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 4´x4´ (Desmote vs Sobrerotura).....	80
Cuadro N° 56 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 4´x4´ en material desmote.....	81
Cuadro N° 57 Resumen Avance y Sobrerotura con MRLS.....	90
Cuadro N° 58 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Avance y Sobrerotura) en secciones 6x6 en material mineral.....	91

Cuadro N° 59 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 6'x6' en material mineral.....	92
Cuadro N° 60 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 6'x6' en material mineral	92
Cuadro N° 61 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Sobrerotura y Avance) en secciones 6'x6' en material desmonte.....	93
Cuadro N° 62 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 6'x6' en material desmonte.....	93
Cuadro N° 63 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 6'x6' en material desmonte	94
Cuadro N° 64 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Avance y sobrerotura) en secciones 4'x4' en material mineral.....	94
Cuadro N° 65 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 4'x4' en material mineral.....	95
Cuadro N° 66 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 4'x4' en material mineral	95
Cuadro N° 67 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Avance y Sobrerotura) en secciones 4'x4' en material desmonte.....	96
Cuadro N° 68 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 4'x4' en material desmonte.....	96
Cuadro N° 69 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 4'x4' en material desmonte	97
Cuadro N° 70 Resumen Avance y Sobrerotura con MRLM.....	106
Cuadro N° 71 Resultados Gal 510 con M.R.L.S."Y=Avance" (6'x6') en material desmonte.....	113
Cuadro N° 72 Resultados Cx 710 con M.R.L.S."Y=Avance" (6'x6') en material mineral.....	114
Cuadro N° 73 Resultados Gal 510 (Estocada) con M.R.L.S."Y=Sobrerotura" (6'x6') en material desmonte	115
Cuadro N° 74 Resultados Cx 710 (Estocada) con M.R.L.S."Y=Sobrerotura" (6'x6') en material mineral	117
Cuadro N° 75 Resultados Ch780 con M.R.L.S."Y=Avance" (4'x4') en material desmonte.....	118

Cuadro N° 76 Resultados Ch890 con M.R.L.S."Y=Avance" (4'x4') en material mineral.....	119
Cuadro N° 77 Resultados Ch780 con M.R.L.S."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material desmonte	120
Cuadro N° 78 Resultados Ch890 con M.R.L.S."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material mineral	121
Cuadro N° 79 Resultados Gal 375 con M.R.L.M."Y=Avance" (6'x6') en material desmonte.....	123
Cuadro N° 80 Resultados Cx 665 con M.R.L.M."Y=Avance" (6'x6') en material mineral.....	124
Cuadro N° 81 Resultados Gal375 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (6'x6') en material desmonte	125
Cuadro N° 82 Resultados Cx665 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (6'x6') en material mineral	126
Cuadro N° 83 Resultados Ch770 con M.R.L.M."Y=Avance" (4'x4') en material desmonte.....	128
Cuadro N° 84 Resultados Ch210 con M.R.L.M."Y=Avance" (4'x4') en material mineral.....	129
Cuadro N° 85 Resultados Ch770 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material desmonte	130
Cuadro N° 86 Resultados Ch210 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material mineral	131
Cuadro N° 87 Resumen resultados de avance y sobrerotura para MRLS y MRLM	138

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Esquema de voladura	20
Figura N° 2 Esquema de Voladura propuesto por Holmberg	22
Figura N° 3 Selección de explosivos en función al tipo de roca	30
Figura N° 4 Regresión Lineal	33
Figura N° 5 Regresión Lineal	34
Figura N° 6 Mapa de localización de la mina de San Juan Chorunga	38
Figura N° 7 Columna Estratigráfica mina de San Juan Chorunga	41
Figura N° 8 Método de corte y Relleno Ascendente - convencional	43
Figura N° 9 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 6´x6´(Avance en Mineral)- Galerías y Cruceros	50
Figura N° 10 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 6´x6´(Avance en Desmonte)- Galerías y Cruceros	51
Figura N° 11 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 4´x4´(Avance en Mineral)- Chimeneas	52
Figura N° 12 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 4´x4´(Avance en Desmonte) - Chimeneas	53
Figura N° 13 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6´x6´(Avance en desmonte)	82
Figura N° 14 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6´x6´(Avance en Mineral)	83
Figura N° 15 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6´x6´(Sobrerotura en Desmonte)	84
Figura N° 16 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6´x6´(Sobrerotura en Mineral)	85
Figura N° 17 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4´x4´(Avance en Desmonte)	86
Figura N° 18 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4´x4´(Avance en Mineral)	87
Figura N° 19 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4´x4´(Sobrerotura en Desmonte)	88
Figura N° 20 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4´x4´(Sobrerotura en Mineral)	89

Figura N° 21 Comparativa Avance y Sobrerotura con MRLS	90
Figura N° 22 Malla con el M.R.L.M. (Y=avance) en sección 6´x6´ en material desmonte.....	98
Figura N° 23 Malla con el M.R.L.M. (Y=avance) en sección 6´x6´ en material mineral.....	99
Figura N° 24 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 6´x6´ en material desmonte.....	100
Figura N° 25 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 6´x6´ en material mineral.....	101
Figura N° 26 Malla con el M.R.L.M. (Y=Avance) en sección 4´x4´ en material desmonte.....	102
Figura N° 27 Malla con el M.R.L.M. (Y=Avance) en sección 4´x4´ en material mineral.....	103
Figura N° 28 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 4´x4´ en material desmonte.....	104
Figura N° 29 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 4´x4´ en material mineral.....	105
Figura N° 30 Comparativa Avance y Sobrerotura con MRLM.....	106
Figura N° 31 Comparativa Avance y Sobrerotura con MRLS y MRLM	139
Figura N° 32 Ingreso de aplicativo para búsqueda de mallas con M.R.L.M.	140
Figura N° 33 Plantilla generada en la búsqueda con el aplicativo.....	141

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (6'x6') – Caso Avance	
Máximo	133
Gráfico N° 2 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (6'x6') – Caso Avance	
Máximo	133
Gráfico N° 3 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (6'x6') – Caso	
Sobrerotura Minima	134
Gráfico N° 4 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (6'x6') – Caso	
Sobrerotura Minima	135
Gráfico N° 5 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (4'x4') – Caso Avance	
maximo	135
Gráfico N° 6 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (4'x4') – Caso Avance	
maximo	136
Gráfico N° 7 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (4'x4') – Caso	
Sobrerotura minima	137
Gráfico N° 8 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (4'x4') – Caso	
Sobrerotura minima	137

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N° 1 Disparo Taqueado Avance 1.1 metros.....	46
Fotografía N° 2 Explosivos utilizados en la Mina.....	54
Fotografía N° 3 Aplicación del M.R.L.S. en Gal 510 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material desmonte	107
Fotografía N° 4 Aplicación del M.R.L.S. en Cx 710 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material mineral	108
Fotografía N° 5 Aplicación del M.R.L.M. en Gal 375 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material desmonte	108
Fotografía N° 6 Aplicación del M.R.L.M. en Cx665 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material mineral	109
Fotografía N° 7 Aplicación del M.R.L.S. en Ch.780 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material desmonte	109
Fotografía N° 8 Aplicación del M.R.L.S. en Ch.890 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material mineral	110
Fotografía N° 9 Aplicación del M.R.L.M. en Ch.770 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material desmonte	110
Fotografía N° 10 Aplicación del M.R.L.M. en Ch.210 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material mineral	111
Fotografía N° 11 Disparo fallado (Desquinche) en Cx 710 (Estocada).....	115
Fotografía N° 12 Disparo fallado (Desquinche) en Gal 510 (Estocada)	116
Fotografía N° 13 Disparo fallado (Desquinche) en Cx 710 (Estocada).....	117
Fotografía N° 14 Disparo fallado (Desquinche) en Ch 780.....	120
Fotografía N° 15 Disparo fallado (Desquinche) en Ch 890.....	122
Fotografía N° 16 Disparo fallado (Desquinche) en Gal 375 (Estocada)	125
Fotografía N° 17 Disparo fallado (Exceso Sobrerotura) en Cx 665.....	127
Fotografía N° 18 Disparo fallado (Taqueamiento) en Ch 770.....	130
Fotografía N° 19 Disparo fallado (Taqueamiento) en Ch 210.....	132

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación trata sobre todo del uso de la herramienta estadística denominada regresión lineal, que es un proceso de análisis de datos que no es comúnmente usado en la minería, mayormente se usan en otros campos como la economía o biología, esta herramienta que brinda grandes alcances no es tan compleja, pero si determinante en especial cuando se desea saber el comportamiento de ciertos factores.

Para nuestro caso uno de los procesos más importantes en el ciclo de minado es el de perforación y voladura, proceso fundamental para realizar nuestro trabajo, en especial cuando se realizan trabajos subterráneos donde se desea alcanzar el máximo potencial posible.

El plantear un estudio y análisis con regresión lineal en el caso de perforación y voladura nos lleva a tener varios factores que debemos tomar en cuenta, los más importantes serán los taladros perforados y los explosivos utilizados, para empezar con el trabajo de regresión se ha considerado estos factores para poder observar su comportamiento y resultados obtenidos que son el avance y sobre rotura que en minería subterránea son de suma importancia y constante estudio.

El trabajo se ha dividido en 5 capítulos que se expondrán detalladamente en los siguientes párrafos:

En el primer capítulo, se tiene el marco metodológico o el perfil de la investigación donde planteamos la problemática que en nuestro caso es no tener una malla de perforación y voladura estándar, con lo cual, podremos controlar los resultados de avance y voladura, además, en esta parte, se plantea la hipótesis donde indica que si usamos esta herramienta de regresión podremos controlar los diferentes resultados de avance y sobre rotura.

En el segundo capítulo, se hace la recopilación de los diferentes métodos conocidos para diseñar una malla de perforación y voladura así también se explica en que consiste el método de regresión lineal tanto en sus dos variantes que son la simple y la múltiple.

En el capítulo tercero, se hace una descripción del ámbito de estudio como es el proceso de minado y demás temas relacionado, tales como aspectos geológicos, ciclos de minado y métodos de minado utilizados.

En el capítulo cuarto, se hace el tratamiento de los datos obtenidos de los diferentes ratios de perforación y voladura para lo cual se asumen como variables independientes (valores “y”), a los valores de avance y sobre rotura y los valores “x” son los datos relacionados a la perforación y voladura como taladros y explosivos utilizados, en esta parte además se realiza la regresión utilizando los dos métodos, para el primer método con regresión simple se hace la correlación de manera detallada tomando en cuenta a una sola variable independiente, ya para el segundo método de regresión que es la múltiple, se realiza tomando en cuenta valores independientes más generales.

Por último, en el capítulo quinto, se muestran los resultados de la aplicación de las mallas de perforación y voladura obtenidos en el anterior capítulo, tanto para el método de regresión simple y múltiple, en muchos de los casos la aplicación de las diferentes mallas ya mencionadas se realizaron en estocadas para el caso de Galerías, Cruceros y labores de sección de 6 x6 pies, en el caso de chimeneas se hicieron las pruebas en chimeneas de un solo comportamiento con secciones de 4 x4 pies., en esta parte se hace mención de los resultados y de su comparativa, por último se hace mención de la propuesta mejora que con lleva el planteamiento de varias mallas en base al R.M.R. (Rock Mass Rating), que pueden ser utilizadas en la mina.

RESUMEN

El diseño de mallas de perforación y voladura con el método de regresión lineal es posible, en especial si se desea controlar valores tales como el avance y la sobre rotura, en nuestro caso nuestro avance deseado es de 1.524 metros y sobre rotura deseada es de 0%, con las mallas actuales obteníamos valores promedio de avance de 1.4 metros y sobre rotura <25% que para nuestro caso es admisible, aunque el avance no tanto.

En cuanto al diseño de las mallas de perforación y voladura con el Método de Regresión Lineal Simple (M.R.L.S.) se obtuvo un avance promedio de 1.44 metros y sobre rotura < 25%. Con el Método de Regresión Lineal Múltiple (M.R.L.M), se obtuvo un avance promedio de 1.53 metros superior al valor de avance deseado y sobre rotura < 25%.

Para el diseño de las mallas se ha determinado como valor determinante al Rock Mass Rating (R.M.R.), para poder controlar el avance y sobre rotura este valor es fundamental ya que en base a éste se determina el número de taladros y columna de carga, se ha desarrollado un aplicativo que cuenta con 100 mallas para obtener mayor avance en base al R.M.R.

El diseño con M.R.L.S. se ha realizado tomando en cuenta las variables independientes “X= Taladros, Explosivo y R.M.R.”; cada uno de manera independiente no es determinante al momento de realizar la proyección del avance deseado, al cual se ha considerado como variable dependiente, en nuestro caso las variables dependientes vendrían a ser “Y”; “Y= Avance y Sobre rotura”, es así que al momento de generar las ecuaciones respectivas no se puede crear una relación precisa en cuanto al avance y al R.M.R.

En cuanto al diseño con M.R.L.M. se ha considerado como variables independientes “X” a factores determinantes como son el Numero de Taladros, Carmex (Taladros Cargados), Numero de Cartuchos y R.M.R.), y valores dependientes “Y= Avance y Sobrerotura”, así como se muestra en la ecuación:

$$Y=B_0 +B_1 X_1 +B_2 X_2 +B_3 X_3 +B_4 X_4 +B_5 X_5 +B_6 X_6 +B_7 X_7 +B_8 X_8$$

donde:

Y: Avance y Sobrerotura

B₀ : Punto de intercepción de los valores determinantes (termino independiente)

$B_1 X_1$: Coeficiente parcial y N° de cartuchos

$B_2 X_2$: Coeficiente parcial y N° de Carmex

$B_3 X_3$: Coeficiente parcial y N° de Fanel

$B_5 X_5$: Coeficiente parcial y N° Cartuchos E - 5000

$B_6 X_6$: Coeficiente parcial y N° Cartuchos E - 3000

$B_7 X_7$: Coeficiente parcial y N° Cartuchos E - 1000

$B_8 X_8$: Coeficiente parcial y R.M.R.

Para el caso de $B_3 X_3$ y $B_4 X_4$ ambos son ceros, se les considera así porque no son determinantes cuando se utiliza el Carmex; además $B_5 X_5$ y $B_6 X_6$ también son ceros ya que para el estudio solo se ha utilizado un explosivo de una sola potencia (E-1000).

El M.R.L.M. es útil al momento de plantear un algoritmo para aplicación computacional ya que podemos generar diferentes mallas en base a factores determinantes que en nuestro caso es el R.M.R., aunque también se podría generar en base a la potencia del explosivo, pero no se ha llegado a realizar en este trabajo de investigación.

Las variables “Y=Avance y Sobre rotura” en el caso de M.R.L.M. son de difícil manipulación ya que en base a las ecuaciones generadas en el momento del planteo se tiene que determinar limitantes tanto para los taladros y explosivos, con lo que se genera un valor aproximado.

El control de sobre rotura y avance con los métodos de regresión son factibles en especial si es solo con M.R.L.M. ya que se correlacionan más variables y se puede trabajar de manera rápida, este método puede ser utilizado en varias áreas de la minería no solo en perforación y voladura, este método está enfocado a generar proyecciones y tendencia que aplicados a nuestro rubro puede generar mayor producción y por ende mayor utilidad.

ABSTRAC

The design of drill and blast meshes with the linear regression method is possible especially if you want to control values such as advance and overshoot, in our case our desired advance is 1,524 meters and desired overshoot is 0%, with With the current meshes we obtained average advance values of 1.4 meters and overbreak <25%, which for our case is admissible, although the advance not so much.

Regarding the design of the drilling and blasting meshes with the Simple Linear Regression Method (M.R.L.S.), an average advance of 1.44 meters and overbreak <25% was obtained. With the Multiple Linear Regression Method (M.R.L.M), an average advance of 1.53 meters higher than the desired advance value and overbreak <25% was obtained.

For the design of the meshes, the Rock Mass Rating (RMR) has been determined as a determining value for the control of advance and overbreak, this value is fundamental since based on this the number of holes and load column is determined, it has been developed an application that has 100 meshes to obtain greater advance based on the RMR

Design with M.R.L.S. It has been carried out taking into account the independent variables "X = Drills, Cartridges and R.M.R." each one independently is not decisive at the time of projecting the desired advance, which has been considered as the dependent variable "Y = Advance and Overshoot", so when generating the respective equations, a precise relationship cannot be created in terms of advancement and RMR

Regarding the design with M.R.L.M. It has been considered as independent variable "X" determining factors such as the Number of Drills, Carmex (Loaded Drills), Number of Cartridges and RMR), and dependent values "" Y = Advance and Overshoot "as shown in the equation :

$$y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5 + B_6X_6 + B_7X_7 + B_8X_8$$

Where:

and: Advancement and Overshoot

B_0 : Intercept point of the determining values (independent term)

B_1X_1 : Partial coefficient and No. of cartridges

B_2X_2 : Partial coefficient and Carmex number

B_3X_3 : Partial coefficient and Fanel No.

B_5X_5 : Partial coefficient and No. of Cartridges E - 5000

B_6X_6 : Partial coefficient and No. of Cartridges E - 3000

B_7X_7 : Partial coefficient and No. of Cartridges E - 1000

B_8X_8 : Partial coefficient and R.M.R.

In the case of B_3X_3 and B_4X_4 both are zeros, they are considered because they are determinant when Carmex is not used; Furthermore, B_5X_5 and B_6X_6 are also zeros since only a single-strength explosive (E-1000) was used for the study.

The M.R.L.M. It is useful when proposing an algorithm for computational application since we can generate different meshes based on determining factors, which in our case is the RMR, although it could also be generated based on the power of the explosive but it has not been carried out in this research work.

The variables “Y = Advance and Overshoot” in the case of M.R.L.M. They are difficult to manipulate since based on the equations generated at the time of the proposal, limits have to be determined for both drills and explosives, thereby generating an approximate value.

The control of overshoot and advance with the regression methods are feasible especially if it is only with M.R.L.M. Since more variables are correlated and it can be worked quickly, this method can be used in various areas of mining, not only in drilling and blasting, this method is focused on generating projections and trends that, applied to our field, can generate greater production. and therefore greater utility.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLOGICO

1.1. Planteamiento del problema.

En la Mina San Juan de Chorunga se realizan labores de avance tanto horizontales como verticales, el problema que se tiene es que no existe unas mallas de perforación y voladura estandarizados, lo que provoca que el avance no sea el adecuado que debería ser de 1.524 metros y sobre rotura < 12 %, sobre todo el problema se da más en el caso de avance porque al no llegar al avance deseado se generan pérdidas y retrasos.

La falta de mallas de perforación y voladura estandarizados provoca que se produzcan casos como desquiches tanto en arranque como en la corona, esto provoca retrasos y aumento de costos, desde un punto de vista técnico el avance optimo es de 1.524 metros el equivalente a eficiencia en perforación del 100 % y una sobrerotura aproximadamente a 0 %, pero en la realidad se obtiene un avance promedio de 1.45 metros y una sobrerotura en desmonte de 10% y en mineral >12%, lo que provoca necesariamente instalación de sostenimiento.

Por lo tanto, de seguir la falta de mallas de perforación y voladura estandarizados el control que se desee realizar al avance y voladura no será óptima y los problemas persistirán y en consecuencia seguirán los retrasos y aumento de costos producto de los desquiches e instalación de sostenimiento.

1.2. Formulación del problema.

El problema que en general se tiene es como controlar el avance y la sobre rotura tanto en desmonte como en mineral, por lo tanto, se formula la siguiente pregunta principal.

1.2.1. Problema principal.

¿Cómo controlar el avance y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga?

1.2.2. Problemas específicos.

1. ¿Cuáles son las implicancias técnico económicas de no controlar el avance y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga?
2. ¿Cuáles son los factores incidentes en la deficiencia del avance y la sobre rotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga?
3. ¿Qué criterios se deben tomar en cuenta para controlar los avances y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo principal.

Encontrar el método de control del avance y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga.

1.3.2. Objetivos específicos.

1. Determinar las implicancias técnico económicas de no controlar el avance y la sobre rotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga
2. Determinar las causas de la falta de control en el avance y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga.
3. Evaluar los criterios para el control del avance y la sobrerotura en las labores mineras de San Juan de Chorunga.

1.4. Justificación del Estudio.

Se justifica el estudio porque se desea controlar el avance y la sobrerotura en las labores mineras, estos dos resultados de la perforación y voladura generan diversos problemas en la mina que incrementan los costos de operación y retrasos producto de los desquiches y en algunos casos realces por la roca suelta, además también se justifica porque al controlar el avance y la sobrerotura se podrá controlar temas asociados como el desatado de rocas e instalación de sostenimiento.

1.5. Alcances

El alcance del estudio es significativo porque al encontrar un método para controlar el avance y el sobrerotura se logrará mejorar las operaciones en las labores de minado con mejores resultados a menor costo.

El alcance además se da en el diseño de las mallas de perforación y voladura porque se desea aplicar el método científico al aplicar una herramienta de la estadística que es la correlación de datos.

1.6. Hipótesis.

1.6.1. Hipótesis General.

Haciendo uso del método de regresión lineal para el diseño de la malla de perforación y voladura se logrará controlar el avance y la sobrerotura.

1.6.2. Hipótesis Específicas

1. Haciendo uso del método de regresión lineal para diseñar las mallas de perforación y voladura se logrará reducir los costos de operación
2. La posible causa de la falta de control en el avance y la sobrerotura se deban al inadecuado diseño de la perforación y voladura en las labores mineras.
3. Los criterios a tomar en cuenta para controlar el avance y la sobre rotura serán la calidad de roca y el diseño de la malla de perforación y voladura.

1.7. Operacionalización de variables

En el cuadro N°1 se observan las variables e indicadores del trabajo de investigación.

Cuadro N° 1 Variables e indicadores del trabajo de investigación

Variables	Factores	Indicadores
Variables dependientes		
Resultados de voladura con Método Regresión Lineal Simple y Múltiple	Avance	metros/día (m/día)
	Sobrerotura	Porcentaje (%)
Variables Independientes		
Calidad de roca	Parámetros Geomecánicos	RMR (0 -100)
Diseño de malla de perforación y voladura	Diseño Geométrico	Burden y Espaciamiento (m)
	Taladros por disparo	N° tal. / disp.
	Longitud del taladro	metros
	Carga de columna	Kg/ metro
	Factor de potencia	Kg/ TM

Fuente: Análisis Propio (2018)

El Cuadro N° 1 muestra las variables dependientes e independientes, las variables que se van evaluar y van a ser parte de nuestros indicadores serán la del avance y sobrerotura.

1.8. Metodología

1.8.1. Tipo y Nivel de Investigación

El tipo de investigación será aplicativa porque se confrontará la teoría con la realidad, también porque se buscará una solución a un problema existente en la mina.

Los niveles de investigación serán correlacional y explicativo; correlacional porque se buscará relacionar las variables existentes en el diseño de las voladuras así mismo es explicativo porque intenta explicar las causas de los resultados en el diseño de las voladuras.

1.9. Población y muestra.

- Población: todas las labores actuales en la mina San Juan de Chorunga
- Muestra: la muestra se obtendrá con la fórmula de población finita para 12 labores.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q} = \frac{12 \times 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}{0.05^2 \times (12-1) + 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95} = \frac{2.18}{0.21} = 10.9 = 11$$

Donde:

- **N= Total de la población (12 labores)**
- **n= muestra**
- **$Z_a^2 = 1.96$ al cuadrado**
- **p= proporción esperada (0.05)**
- **q= 1-p (0.95) d=precisión (0.05)**
- **d=precisión (0.05)**

Se va considerar los reportes de 11 labores de minado en la mina San Juan de Chorunga.

1.10. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología	Población y Muestra												
P. General	O. General	H. General	V.D.	El tipo de investigación será aplicativa porque se confrontará la teoría con la realidad, también porque se buscará una solución a un problema existente en la mina.	<p>► Población: todas las labores actuales en la mina San Juan de Chorunga</p> <p>► Muestra: la muestra se obtendrá con la fórmula de población finita para 12 labores.</p> $n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q} = \frac{12 \times 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}{0.05^2 \times (12-1) + 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95} = \frac{2.18}{0.21} = 10.9 = 11$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> N= Total de la población (12 labores) n= muestra Z² = 1.96 al cuadrado p= proporción esperada (0.05) q= 1-p (0.95) d= precisión (0.05) d= precisión (0.05) <p>Se va considerar los reportes de 11 labores de minado en la mina San Juan de Chorunga.</p>												
¿Cómo controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga?	Encontrar el método de control del avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga.	Haciendo uso del método de regresión lineal para el diseño de la malla de perforación y voladura se logrará controlar el avance y la sobrerotura.	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Resultados de voladura con Método Regresión Lineal Simple y Múltiple</td> <td>Avance</td> <td>metros/día (m/día)</td> </tr> <tr> <td>Sobrerotura</td> <td>Porcentaje (%)</td> </tr> </table>			Resultados de voladura con Método Regresión Lineal Simple y Múltiple	Avance	metros/día (m/día)	Sobrerotura	Porcentaje (%)							
Resultados de voladura con Método Regresión Lineal Simple y Múltiple	Avance	metros/día (m/día)															
	Sobrerotura	Porcentaje (%)															
P. Específicos	O. Específicos	H. Específicos	V.I.	Los niveles de investigación serán correlacional y explicativo; correlacional porque se buscará relacionar las variables existentes en el diseño de las voladuras así mismo es explicativo porque intenta explicar las causas de los resultados en el diseño de las voladuras.													
<p>1. ¿Cuáles son las implicancias técnico económicas de no controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga?</p> <p>2. ¿Cuáles son los factores incidentes en la deficiencia del avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga?</p> <p>3. ¿Qué criterios se deben tomar en cuenta para controlar los avances y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga?</p>	<p>1. Determinar las implicancias técnico económico de no controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga.</p> <p>2. Determinar las causas de la falta de control en el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga.</p> <p>3. Evaluar los criterios para el control del avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga.</p>	<p>1. Haciendo uso del método de regresión lineal para diseñar las mallas de perforación y voladura se logrará reducir los costos de operación</p> <p>2. La posible causa de la falta de control en el avance y la sobrerotura se deban al inadecuado diseño de la perforación y voladura en la mina.</p> <p>3. Los criterios a tomar en cuenta para controlar el avance y la sobrerotura serán la calidad de roca y el diseño de la malla de perforación y voladura.</p>	<table border="1"> <tr> <td>Calidad de roca</td> <td>Parámetros Geomecánicos</td> <td>RMR (0 -100)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Diseño de malla de perforación y voladura</td> <td>Diseño Geométrico</td> <td>Borden y Espaciamiento (m)</td> </tr> <tr> <td>Taladros por disparo</td> <td>Nº tal. / disp.</td> </tr> <tr> <td>Longitud del taladro</td> <td>metros</td> </tr> <tr> <td>Carga de columna</td> <td>Kg/ metro</td> </tr> <tr> <td>Factor de potencia</td> <td>Kg/ TM</td> </tr> </table>	Calidad de roca	Parámetros Geomecánicos	RMR (0 -100)	Diseño de malla de perforación y voladura	Diseño Geométrico	Borden y Espaciamiento (m)	Taladros por disparo	Nº tal. / disp.	Longitud del taladro	metros	Carga de columna	Kg/ metro	Factor de potencia	Kg/ TM
Calidad de roca	Parámetros Geomecánicos	RMR (0 -100)															
Diseño de malla de perforación y voladura	Diseño Geométrico	Borden y Espaciamiento (m)															
	Taladros por disparo	Nº tal. / disp.															
	Longitud del taladro	metros															
	Carga de columna	Kg/ metro															
	Factor de potencia	Kg/ TM															

Fuente: Análisis Propio (2018)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. Antecedentes Nacionales.

Antecedente N°1

Título de la Tesis

“OPTIMIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL AVANCE Y PRODUCCIÓN DE LA MINERÍA DE MEDIANA ESCALA (UNIDAD MINERA MACDESA)”

Autor de la Tesis

Marco Antonio Calderón Navarro (2015)

Universidad

Universidad Nacional del Centro del Perú

Objetivo General

Optimizar las prácticas de perforación y voladura en el avance y producción

Conclusión N°1

El trabajo que se realiza en las operaciones unitarias donde están implicados desde un obrero hasta el superintendente es muy importante, ya que todos tienen el mismo fin de realizar la perforación y voladura de manera correcta y sin incidentes en avance y producción.

2.1.2. Antecedentes Internacionales.

Antecedente N°1

Título de la Tesis

“MODELAMIENTO NUMÉRICO DE LA DILUCIÓN POR SOBRE EXCAVACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA EXPLOTADA POR SUBLEVEL STOPING”

Autor de la Tesis

- Castro Alvarez
- Cristian Felipe

Universidad

Universidad de Chile (2015)

Objetivo General

Generar un modelo numérico para la dilución por sobre excavación en minería subterránea

Conclusión N°1

Análisis teóricos y numéricos concluyen que la sobre excavación de la pared colgante, factor contribuyente a la dilución no planificada en Sublevel Stopping, se asocia a la conformación de una zona de relajación de esfuerzos detrás de la pared. El volumen de la roca sobre excavada dependerá entonces de dos aspectos: el volumen de la zona de relajación que depende de la distancia hacia los abutments, y la calidad de macizo rocoso.

2.1.3. Antecedentes Regionales.

Antecedente N°1

Título de la Tesis

“DISEÑO DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FRAGMENTACIÓN EN MINERAL Y DESMONTE, MEDIANTE EL CONTROL DE VIBRACIONES Y VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN MINA SAN RAFAEL MINSUR S.A.”

Autor de la Tesis

Jean Frank Wilmar Valencia Oviedo

Universidad

Universidad Nacional San Agustín de Arequipa (2019)

Objetivo General

Optimizar la fragmentación en mineral y desmonte

Conclusión N°1

El monitoreo de vibraciones de PPV críticas y calculadas en la caja techo de 14 tajos de veta San Rafael, dieron los siguientes valores:

- a) PPVc entre 25,8 a 1005 mm/s, significa velocidad de partícula en al que se crean nuevas fracturas en el macizo rocoso.
- b) $\frac{1}{4}$ PPVc entre 6.36 a 251 mm/s, significa que se iniciaran la extensión de fracturas pre-existentes.
- c) 4*PPVc entre 101.8 a 4022 mm/s significa trituración del macizo rocoso según Hooke.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Geomecánica.

En la mina San Juan de Chorunga se utiliza el sistema RMR para la clasificación de la calidad de roca.

Los parámetros utilizados para la clasificación con RMR son los siguientes:

- a) Resistencia axial a la roca intacta que no presente discontinuidades ni alteraciones
- b) R.Q.D, este parámetro se considera de gran interés, para seleccionar el revestimiento de los túneles.
- c) El espaciado entre familias de juntas o set, compuestas por las diferentes discontinuidades
- d) Naturaleza de las diaclasas el cual consiste en considerar los siguientes parámetros:
 - Ancho de discontinuidades
 - Rugosidad
 - Dureza de las caras de la discontinuidad.
 - Relleno en las discontinuidades
- e) Presencia del agua
- f) Orientación de las discontinuidades.

En el Cuadro N°2 se muestra los diferentes puntajes para la clasificación de calidad de roca de acuerdo al criterio RMR.

Cuadro N° 2 Puntajes RMR de acuerdo a parámetros de roca

PARAMENTRO		RANGO DE VALORES						
1	Indice de carga puntual	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	para este rango bajo es preferible el ensayo de compresion uniaxial		
	RESISTENCIA DE ROCA INTACTA resistencia compresiva uniaxial	250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	<1 Mpa
	valoración	15	12	7	4	2	1	0
2	Calidad de testigo de perforación RQD	90 - 100 %	75 - 90 %	50 - 75 %	25 - 50 %	<25 %		
	Valoración	20	17	13	8	3		
3	espaciamiento de discontinuidades	>2 m	0.6 - 2 m	0.2-0.6 m	60 - 200 mm	< 60 mm		
	valoración	20	15	10	8	5		
4	condiciones de las discontinuidades	superficies muy rugosas no continuas cerradas sin apertura paredes rocosas sanas	superficies ligeramente rugosas Apertura <1 mm Paredes ligeramente intemper.	Superficies ligeramente rugosas Apertura <1 mm Paredes ligeramente intemper	Espejo de falla o panizo <5 mm de espesor Apertura de 1-5 mm juntas continuas	Pánico suave <5 mm de espesor o apertura <5 mm juntas continuas		
	valoración	30	25	20	10	0		
5	Agua subterránea	Flojo de 10 m de longitud de túnel(l/m) presión de agua / principal máximo condición general	ninguno 0 Compeltamente seco	<10 <0.1 Húmedo	10-25 <0.1 Mojado	25-125 0.1-0.2 Goteo	>125 >0.5 flujo	
	valoración	15	10	7	4	0		

Fuente: Bieniaawski

La parte de la geomecánica es de importancia porque según la calificación que pueda tener se determina la diferentes mallas que se van a utilizar, no es lo mismo diseñar una malla para roca de mala calidad que para una buena, es así que es de importancia llegar a tener una calificación lo más cercana a la realidad ya que será un parámetro importante al momento de realizar la voladura.

El índice de calidad de roca determina la cantidad de explosivos a utilizar así también el dimensionamiento de los taladros, no siempre se va utilizar la misma malla para todos los casos, así también hay que determinar las posibles discontinuidades que pueda presentar el macizo rocoso y así ajustar los explosivos y taladros.

Se ha escogido el índice de calidad de roca R.M.R. porque considera todos los posibles casos en donde la roca pueda sufrir alteración lo que podría cambiar los resultados de voladura como ya habíamos visto al realizar voladuras en panizo en donde existen casos de disparos congelados, es importante encontrar este tipo de correlación, ya que no se puede realizar voladuras en terrenos de mala calidad o con un comportamiento mecánico diferente al de las rocas caso panizo que es similar a un material arcilloso que ofrece mayor resistencia.

La calificación RMR ofrece un rango de evaluación de 0 a 100 donde cero es roca de muy mala calidad y 100 roca de muy buena calidad así como se muestra en el Cuadro N° , estos valores juegan un papel importante al momento de diseñar la malla.

En el Cuadro N°3 se detalla los índices de calidad de roca de acuerdo al RMR, estos índices son los que se van a utilizar para la evaluación en cuanto a la calidad de roca.

Cuadro N° 3 Índice de Calidad de roca según R.M.R.

Categoría		RMR	Código de Colores	Descripción
I	I-A	91-100		Roca muy buena I-A
	I-B	81-90		Roca muy buena I-B
II	II-A	71-80		Roca buena II-A
	II-B	61-70		Roca buena II-B
III	III-A	51-60		Roca regular III-A
	III-B	41-50		Roca regular III-B
IV	IV-A	31-40		Roca mala IV-A
	IV-B	21-30		Roca mala IV-B

Fuente: Osinergmin (2017)

Así como indica el Cuadro N° la clasificación de las rocas son determinantes al momento de diseñar las mallas, pero hay que tener en cuenta que para cada índice se debería tener una malla, este tipo de estudio demanda mucha más investigación, en el trabajo que se está realizando se consigue la correlación entre los resultados de la voladura y la calidad de roca de roca (RMR), estos resultados no son del todo determinantes, ya que al relacionar la sobrerotura y el avance con el RMR, solo nos indica que se tendrá un avance y sobrerotura referencial al RMR, donde si se consigue una mejor correlación es cuando se realiza la correlación múltiple con otros parámetros donde se incluyan explosivos y demás, en este caso si el RMR tiene mayor significancia.

2.2.2. Diseño de Perforación y Voladura.

Según Jimeno (2003), indica que la forma del túnel está sujeta a las siguientes condiciones:

- ❖ Equipo de perforación empleado
- ❖ Tiempo disponible para la ejecución
- ❖ Tipo de roca

❖ Tipo de sostenimiento

❖ Sistema de ventilación

Así como indica Jimeno (2003), para secciones menores a 100 m² se puede realizar con normalidad el arranque del material en una sola fase, pero para secciones mayores ya no sería posible y se tendría q realizar en varias fases.

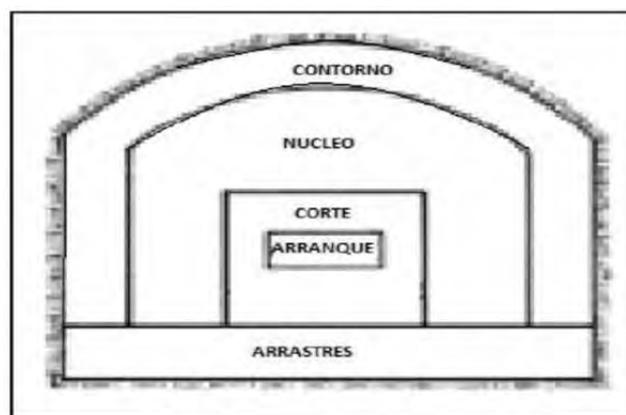
Esquemas de voladura

En las voladuras subterráneas la característica principal es que no existe una cara abierta o libre para iniciar con el proceso. (Jimeno, 2003). Es necesario crear una cara libre la cual se denomina arranque. El arranque se caracteriza por tener una sección de 1 a 2 m². Aunque si el diámetro del taladro de perforación es mucho mayor se puede alcanzar mayor sección y si el arranque es con diseño en abanico llega a abarcar con mayor sección.

El centro que es equivalente a las voladuras en banco, necesita de explosivos específicos de 4 a 10 veces mayores, ya que se tiene fallas en el proceso de perforación, disminución en el hueco de esponjamiento y ángulo de desviación respecto al eje de avance, zonas afectadas por la negatividad de la gravedad y baja simpatía entre cargas cercanas dado en los taladros de arrastre.

La siguiente figura muestra la secuencia de voladura:

Figura N° 1 Esquema de voladura



Fuente: Manual de perforación y voladura- López Jimeno.

Nota: La Figura representa el arranque de la roca en base a áreas o secciones

La forma final de una labor se da por la acción de los taladros del contorno los cuales están ubicados en un menor espaciamiento y con una orientación hacia el fondo del macizo y dejar un hueco a las perforadoras en el avance y emboquille.

La disposición del arranque influye en la propulsión del macizo, fragmentación y número de taladros. Se tiene 3 posiciones: en esquina, centro-inferior, centro-superior, de las cuales se elige centro-superior porque esta previene la caída del macizo, el material tiende a tener un perfil más extendido, fragmentado y más poroso.

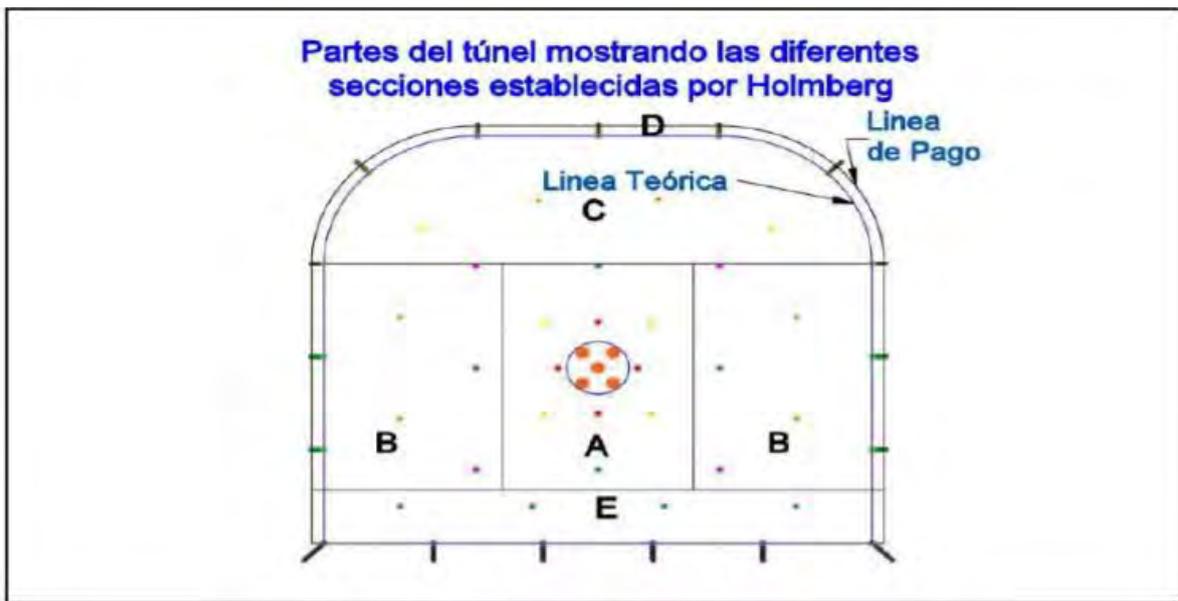
En los frentes subterráneos las voladuras son mucho más complicadas que en las voladuras de banco, ya que la única cara libre es el frente de perforación. El confinamiento de las cargas es elevado y su consumo específico alto. Al contrario, las dimensiones del Burden en el arranque son diminutas, y los explosivos tienen que ser bastante insensibles y así evitar la detonación por simpatía, sin embargo, debe poseer velocidades mayores a 3000 m/s, y así evitar el efecto canal en los explosivos encartuchados dentro de taladros con mayor diámetro. Fenómeno que consiste en que los gases de explosión empujan el aire acumulado entre la columna de explosivo y la pared de taladro, el cual comprime a los cartuchos por delante del frente de onda de choque eliminando así los puntos calientes o aumentando excesivamente la densidad del explosivo.

Ya que en las últimas épocas las minas optan por mecanizarlas más, los equipos de perforación (jumbo) están siendo más sofisticados, lo cual perforar en ángulo sería algo complicado, por ello, la perforación con taladros paralelos es más adecuado, además de ser mucho más fáciles de perforar, porque no hay necesidad de cambiar el ángulo de las deslizaderas, y los avances no están adecuados por la anchura de la labor como en el caso de los arranques en ángulo.

En la actualidad es necesario construir túneles de mayores dimensiones, lo cual nos lleva a usar taladros con mayores diámetros cada vez mayores y el uso de mezclas de explosivos en cantidades mayores.

Según Holmberg para el diseño de perforación y voladura de túneles, ha dividido el frente en cinco secciones diferentes (A-E), en donde cada una de ellas requiere un cálculo especial, ver figura

Figura N° 2 Esquema de Voladura propuesto por Holmberg



Fuente: (López & López, 2003)

Donde:

A: sección de corte (cut).

B: sección de tajeo (stopping).

C: sección de alza (stopping).

D: sección de contorno (contour).

E: sección de arrastre (lifters)

Existen diversos métodos para el diseño de mallas de perforación así también para el diseño de los taladros es así que se tiene una relación en base al taladro de alivio así como indica EXSA (2001), donde considera desviación máxima 2% y 95% de profundidad del taladro, para más detalle se tiene la siguiente ecuación:

$$L = 0.15 + 34.1 * D_2 - 39.4 * D_2^2$$

$$D_2 = 0.95 * L$$

Donde:

L = Profundidad del taladro (m)

D2 = Diámetro del taladro de alivio (m)

Cuando se utilizan arranques con varios taladros vacíos en lugar de uno solo entonces la ecuación anterior sigue siendo válida si:

$$D_2 = \sqrt{n} * D_1$$

Donde:

D2 = Diámetro de taladro de alivio equivalente

n = Número de taladros vacíos en el arranque

D1= Diámetro del taladro a cargar Avance de la voladura al 95 %

ALGORITMO DE HOLMBERG

En la actualidad hay varios métodos que consideran como resultado al avance en los diferentes diseños de mallas y voladuras, es así el caso de Holmberg que considera que el avance máximo es del 95 % respecto de la profundidad del taladro, es así que propone la siguiente ecuación:

$$I = 0.95 H$$

Donde:

I = Avance de la voladura (m)

H = Profundidad de los taladros a perforarse (m)

Así también Exsa (2001), propone una posible cantidad de taladros como se muestra en la siguiente ecuación:

Donde:

$$N^{\circ}\text{tal.} = 10 \times \sqrt{(A \times H)}$$

A = Ancho de labor

H = Altura de labor En forma más precisa con la relación

Además, también proponen una ecuación alterna para la cantidad de taladros, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ Tal} = (P/dt) + (K \times S)$$

Donde:

N° Tal = Número de taladros

P = Circunferencia o perímetro de la sección de labor en metros, que se obtiene con la fórmula:

$$P = 4\sqrt{S}$$

dt = Distancia entre los taladros de la circunferencia o periféricos.

K = Coeficiente o factor de la roca

S = Sección de labor

En el Cuadro N° se indica la relación de la calidad de roca con la distancia entre taladros

Cuadro N° 4 Relación de la dureza de la roca con la distancia

Dureza de roca	Distancia entre taladros (m)
Roca dura	0,50 a 0,55
Roca intermedia	0,60 a 0,65
Roca suave o friable	0,70 a 0,75

Fuente: (EXSA, 2004)

Nota: El cuadro anterior representa la distancia en base a la dureza de la roca

Esta distancia es una estimación en base a consideraciones generales de la calidad de roca, es por eso que en la mayoría de los casos se considera un valor medio

En el Cuadro N° el coeficiente de roca también se relación en base a la calidad del mismo también son valores relativos.

Cuadro N° 5 Relación de la dureza de la roca con el coeficiente

Dureza de roca	Coefficiente de roca (m)
Roca dura	2.00
Roca intermedia	1.50
Roca suave	1.00

Fuente: Manual Práctico de voladura (Exsa 2001)

Nota: El cuadro anterior representa los coeficientes de roca en base a la dureza de la roca

El coeficiente de roca está determinado por su calidad ya que como se ve en el cuadro anterior esta variación va de 1 a 2 o de suave a dura, los valores son relativos y habría que considerar un valor general para el tipo de roca.

La siguiente ecuación es para determinar el Burden que vendría a ser la distancia de la sección formada por los diferentes taladros al momento de realizar la voladura.

$$B=1.5 \times D$$

Donde:

B= Burden

D= diámetro del taladro de alivio

El Cuadro N° muestra los diferentes burden para las diferentes secciones de corte, así también los lados de la sección considerando que sea una sección cuadrada también conocido como espaciamiento.

Cuadro N° 6 Cálculo de sección y burden

Sección del corte	Valor de burden	Lado de la sección
Primera	$B1 = 1,5 \times D2$	$B1 \times \sqrt{2}$
Segunda	$B2 = B1 \times \sqrt{2}$	$1,5 \times B2 \times \sqrt{2}$
Tercera	$B3 = 1,5 \times B2 \times \sqrt{2}$	$1,5 \times B3 \times \sqrt{2}$
Cuarta	$B4 = 1,5 \times B3 \times \sqrt{2}$	$1,5 \times B4 \times \sqrt{2}$

Fuente: (EXSA, 2004)

Nota: El cuadro anterior representa los burden y espaciamento en base a sección de corte

Para el caso de distribución de cargas Holmberg y Exsa consideran un factor de potencia para los explosivos así que este valor será relativo, las siguientes formulas estiman de manera no concreta la carga de columna a utilizar. Así como se muestra en el Cuadro N° 7.

Cuadro N° 7 Cálculo de Factor de Potencia en base a sección de la labor

Sección Labor (m²)	Factor de Potencia (kg/m³)
1 a 5	2.2 a 1.8
5 a 10	1.8 a 1.4
10 a 20	1.4 a 1.0
20 a 40	1.0 a 0.8

Fuente: (EXSA, 2004)

Nota: El cuadro anterior representa el factor de potencia en base a la sección de la labor

Como se observa en el Cuadro N° se tiene factores de potencia relativos que se determinaran de acuerdo a la sección de las labores y al volumen de carga que se puede extraer.

Para la distribución de la carga explosiva se determina el total de kilogramos de explosivos a utilizar en base al volumen de material que el disparo va generar, en base a eso se hace una división considerando en N° Tal. Cuya formula es la siguiente:

Donde:

$$N^{\circ} \text{ Tal.} = (R/C) + (K \times S)$$

R = Circunferencia de la sección en metros

C = Distancia entre los taladros de circunferencia en metros 0,5 Para roca dura 0,6 Para roca intermedia (andesita, por ejemplo) 0,7 Para roca blanda

S = Dimensión de la sección en m².

K = Coeficiente de roca 2 Para roca dura. 1,5 para roca intermedia. 1 para roca blanda.

2.2.3. Selección de explosivos y accesorios

La selección de explosivos se da en base a las características de la roca y propiedades geo mecánicas de la mina, es así que para la selección de los explosivos se tiene que tomar en cuenta la generación de una cara libre por lo tanto se debe considerar colocar en el arranque explosivo de mayor potencia o en para el caso mayor cantidad de explosivos.

Para el diseño de carga se tiene la siguiente fórmula propuesta por Jaime Ríos Vázquez (2000):

$$Q_L = D^2/12$$

Dónde:

$Q_L = \text{Cara explosiva en gramos por metro del barreno } \left(\frac{gr}{m}\right)$

D = Diámetro de perforación en milímetros

Conforme a la distribución del diámetro del barreno existe también la distribución del espaciamiento y así se consigue la distribución de líneas de carga de explosivos En el siguiente cuadro en la primera fila se puede observar la distribución de líneas de carga de acuerdo al diámetro del barreno utilizado que viene a ser de 38 mm:

Cuadro N° 8 Carga explosiva en función del barreno

Diámetro del barreno (mm)	Espaciamiento (cm)	Distribución lineal de carga (g/m)
32 - 35	22-55	80-250
50-65	45-75	150 -350
65-90	60 100	250- 500
100	75 120	350- 900

Fuente: (Ríos, 2000)

Debemos considerar que para la distribución de la carga lineal en los que se encuentran el contorno (corona), hay que tener un espaciamiento mayor y menor carga lineal para lo cual Jaime ríos Vázquez 2000 propone la siguiente cuadro:

Cuadro N° 9 Separación de barrenos recomendada para rocas duras o semiduras en función del diámetro de perforación

Diámetro del barreno (mm)	Espaciamiento (cm)
33	50-60
37 - 44	60-80
50	80-90
50-65	80 -120
65-90	120 -180
100	180- 200

Fuente: (Ríos, 2000)

Además, para determinar el tipo de explosivo propone el siguiente cuadro En donde se puede hacer la selección en base al diámetro del barreno y el espaciamiento propuesto en este caso tendríamos dos opciones en base al diámetro del barreno las dos primeras filas ya que utilizamos un diámetro de barreno de 38 mm.

Cuadro N° 10 Selección de parámetros habituales en las voladuras de contorno

Diámetro del barreno (mm)	Distribución lineal de la carga (g/m)	Tipo de explosivo	Recorte (m)	Recorte (m)
30	120	Hidrogel cordón detonante	0.5-0.7	0.25-0.5
37	150	Hidrogel cordón detonante	0.6-0.9	0.3-0.5
44	170	Hidrogel cordón detonante dinamita pulverulenta goma	0.6-0.9	0.3-0.5
50	250	Hidrogel cordón detonante dinamita pulverulenta goma	0.8-1.1	0.45-0.7
62	350	Dinamita pulverulenta goma	1-1.3	0.55-0.8
75	500	Goma	1.2-1.6	0.6-0.9

Fuente: (Ríos, 2000)

Existen diferentes parámetros para la selección de explosivos aquellos parámetros que se refieren a la forma y dimensionamiento de la perforación. Es el caso de la selección en base al diámetro del barreno o del taladro que en nuestro caso tiene que ser menor a 38 mm o también menor a 33 mm que es el tamaño del bit del barreno integral que se está utilizando.

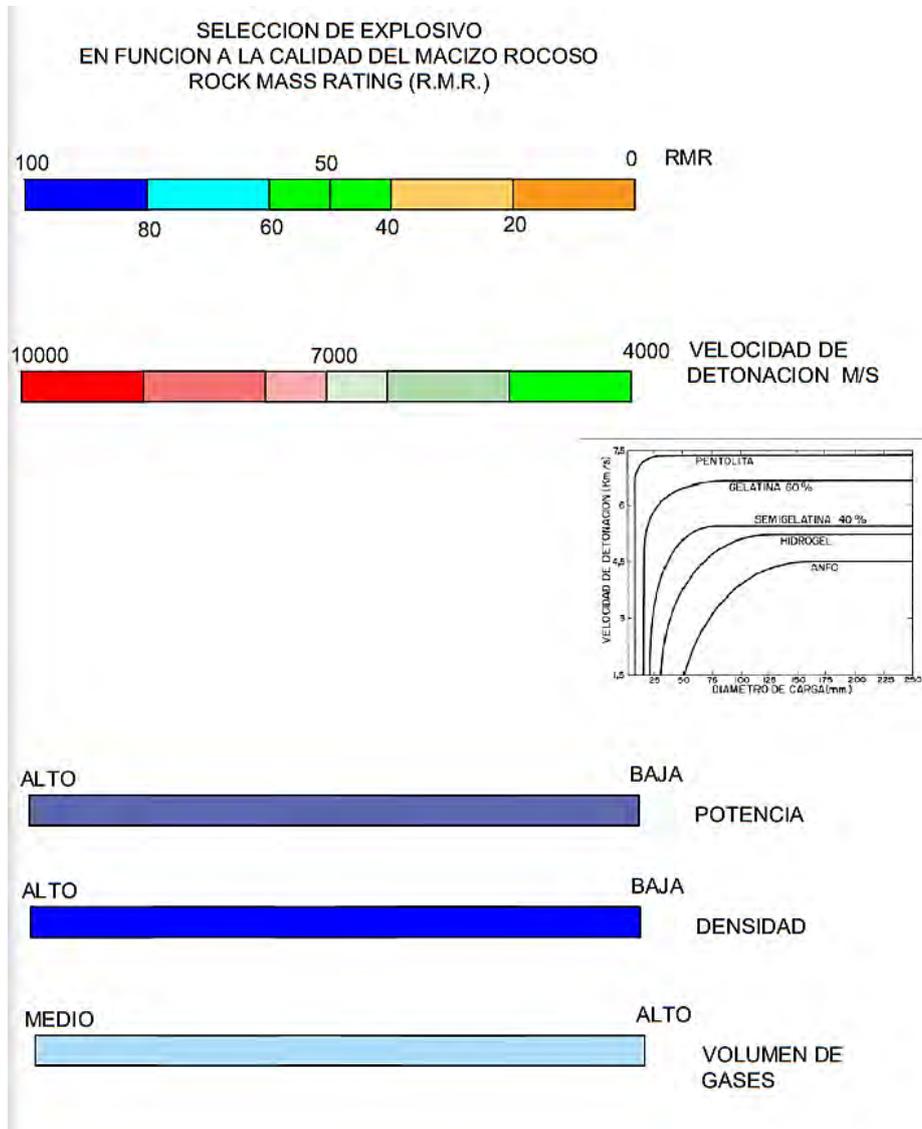
Otro de los aspectos que debemos considerar es la longitud del barreno del taladro ya que debemos diseñar la carga lineal en base a la longitud de cada cartucho y para nuestro caso vendría a ser 8 in por cartucho en un barreno de 5 ft llegaría a entrar un total de 7 cartuchos por taladro.

Existen también diferentes parámetros para selección de explosivos como la presencia de agua que en nuestro caso por ser una zona costera no la deberíamos considerar ya que la presencia de agua es casi nula.

Por otra parte un parámetro que sí debemos tomar en cuenta es la calidad de roca, considerar la calidad de roca como un parámetro fundamental para la selección de explosivos vendría a ser un factor determinante, ya que la calidad de roca considera ciertas características que podrían hacer variar el tipo de explosivo es así que para una roca de baja calidad se usará un explosivo con menor potencia a diferencia de una de buena calidad donde se utilizará explosivos de mayor potencia.

La siguiente figura nos muestra un contraste entre las características del explosivo a seleccionar y el tipo de roca que tenemos en la operación. Es así que Jaime ríos Vázquez 2000 nos proponen la siguiente figura:

Figura N° 3 Selección de explosivos en función al tipo de roca



Fuente: (Ríos, 2000)

Cómo se observa en la anterior figura para seleccionar un explosivo donde la operación tenga una roca homogénea competente debemos seleccionar un explosivo que tenga las siguientes características: alta velocidad de detonación, alta presión, alta densidad, alta potencia y un volumen de gases medio.

En cambio, para una roca fracturada y poco competente debemos seleccionar un explosivo con las siguientes características: baja velocidad de detonación, baja presión de

detonación, baja densidad y alto volumen de gases para que puedan ingresar dentro de la roca fracturada

Una vez elegido el explosivo se debe determinar el tipo de iniciación que debe tener de acuerdo al tipo de explosivo ya se tiene diferentes tipos de iniciación en la actualidad existen y a sistemas completos e integrados para iniciar los diferentes exclusivos ahora si se desea tener una mejor performance al momento de realizar el disparo debemos seleccionar iniciadores que propicien una mayor velocidad de detonación ya que así con llegaríamos a conseguir una mayor presión de detonación y por lo tanto un mejor arranque.

2.2.4. Otros métodos de voladura

Existen otros métodos para la perforación y voladura en minería subterránea, estos métodos consideran un burden inicial en base a diferentes factores tales como características del explosivo y características del macizo rocoso para nuestro estudio vamos a considerar algunos de estos métodos como se menciona en los siguientes párrafos.

Andersen (1952) propone la siguiente fórmula para encontrar el burden inicial:

$$B = k \times \sqrt{D' \times L}$$

Donde:

$$B = \text{Burden (pies)}$$

$$D' = \text{Diametro (pies)}$$

L = Longitud de barreno (pies)

$$k = \text{Constante empirica}$$

Hay que considerar la constante empírica k igual a 1 esta fórmula no toma en cuenta las propiedades del explosivo ni de la roca el valor de la del burden aumenta con la longitud del barreno pero no indefinidamente como sucede en la práctica

Así también encontramos otro método para determinar el burden propuesto por Ash (1963):

$$B = \frac{k_B \times D}{12}$$

Donde:

k_B = constante que depende del tipo de roca y explosivos (ver Cuadro N°)

D = diametro barreno (pulgadas)

Cuadro N° 11 Valores para k_B

Tipo de explosivo	Clase de roca		
	Blanda	Media	Dura
Baja densidad (0.8 a 0.9 gr/cm ³) y baja potencia	30	25	20
Densidad media (1 a 1.2 gr/cm ³) y baja mediaa	35	30	25
Alta densidad (1.3 a 1.6 gr/cm ³) y alta potencia	40	35	30

Fuente: (Ash, 1963)

Por último vamos a considerar Konya (1976) para determinar el burden:

$$B = 3.15 \times D \times \left(\frac{\rho_e}{\rho_r}\right)^{0.33}$$

Donde:

B = Burden (pies)

D = Diametro de carga (Pulg)

ρ_e = densidad de explosivo ($\frac{gr}{cm^3}$)

ρ_r = densidad de roca ($\frac{gr}{cm^3}$)

Todos los métodos anteriores se adaptan a secciones pequeñas, donde lo principal es determinar un burden para el arranque debemos tomar en cuenta que para secciones

pequeñas se llegara a conseguir un área de arranque máximo con la ayuda de ayudas, De ahí vendrán los taladros de contorno y los arrastres.

En las voladuras de sección pequeña el número de taladros es limitado por lo que la sección principal será la sección del arranque.

2.2.5. Regresión Lineal.

La regresión lineal simple es un modelo que explica la relación entre una variable dependiente “Y” y una variable independiente “X”, este modelo explica la relación lineal entre ambas variables representada por un recta que se crea en base a una nube de puntos (x,y), la representación matemática de la recta está dada por:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

Donde:

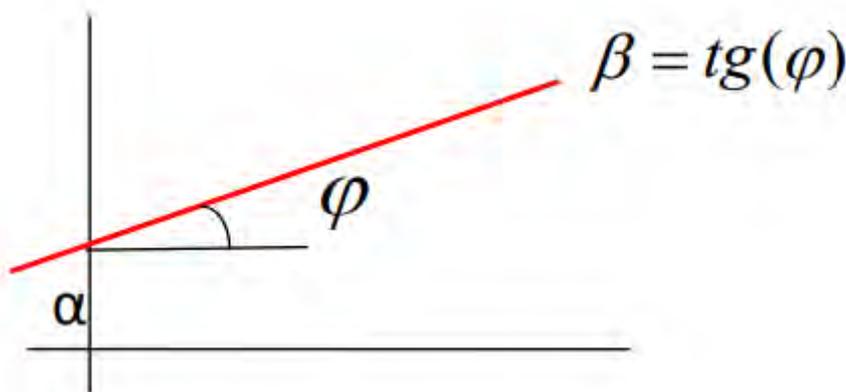
α : ordenada de origen, Se refiere al interceptó cuando el valor de “x” es igual a cero.

β : pendiente de recta, Es de división entre tendencia (Y-Yo) y aumento (X-Xo)

ε : error, Error que se genera al hacer la correlación entre las variables “x” i “y”

En la Figura N° se detalla la representación matemática de una regresión lineal simple:

Figura N° 4 Regresión Lineal

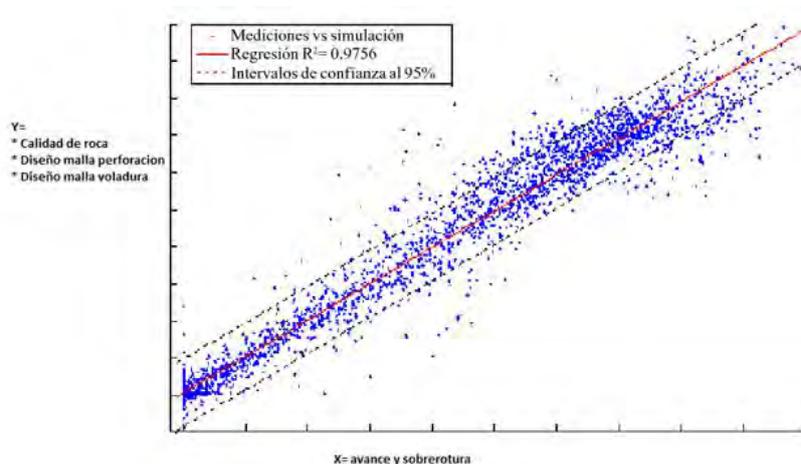


Fuente: (Rojo, 2007)

La regresión lineal múltiple demuestra el comportamiento de $y = f(x)$ con más de una variable independiente usando una función lineal.

La regresión lineal múltiple ajusta modelos linealizables entre una variable dependiente y más variables independientes. El objetivo de realizar una regresión lineal múltiple es encontrar la posible relación que la variable dependiente “Y” tenga con variables independiente “X”, incluye un factor de error o de dispersión “ β ”, a lo que nos lleva este método es tratar de relacionar la mayor cantidad de datos y generar una posible tendencia y proyección que nos permita evaluar y controlar la variable dependiente “X”

Figura N° 5 Regresión Lineal



Fuente: (Rojo, 2007)

Nota: la Figura es la representación de correlación de datos donde la línea roja es la recta de regresión

En el modelo de regresión lineal múltiple relaciona la variable dependiente con las variables independientes de forma lineal. (Rojo, 2007). es decir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

β_0 , es el termino independiente. Es el valor esperado de Y cuando X_1, \dots, X_p son cero.

$\beta_1 \beta_2 \dots \beta_p$, son los coeficientes parciales de a regresión:

β_1 mide el cambio en Y por cada cambio unitario en X_1 , manteniendo $X_2 X_3 \dots X_p$ constantes

β_2 mide el cambio en Y por cada cambio unitario en X₂, manteniendo X₁X₃...X_p constantes

β_p mide el cambio en Y por cada cambio unitario en X_p, manteniendo X₁...X_{p-1} constantes

ε es el error de observación debido a variables no controlables.

Mayormente este método es utilizado en estudios económicos y biológicos donde se estudia comportamiento de tendencia, es decir, se desea determinar un pronóstico a futuro en base al comportamiento de diferentes factores y variables.

2.3. Marco Conceptual

- **Malla;** “forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de Burden y espaciamiento” (EXSA, 2000)
- **Perforación;** “operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos, o blast hole” (EXSA, 2000)
- **Voladura;** “fragmentación de la roca y otros materiales de los sólidos mediante explosivos” (Jimeno, 1994)
- **Frente o frontón;** “Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura” (Jimeno, 1994)
- **Burden;** “Distancia desde el barreno al frente libre de la roca, medida perpendicular al eje del taladro” (Jimeno, 1994)
- **Espaciamiento;** “Distancia entre lo barrenos, perpendicular al burden,”. (Rodgers, 1995)
- **Voladura Amortiguada:** Es prácticamente una voladura convencional, pero en la que se ha modificado el diseño de la última fila, tanto en su esquema geométrico que es más reducido, como en las cargas de explosivo que deben ser menores y desacopladas. (López Jimeno C. • 2002)

- **Voladura Secundaria:** Se origina estos tipos de perforación cuando después de la voladura por mala fragmentación debido a deficiencias en los disparos. La eliminación de estos bancos es mediante perforaciones cortas de 2 a 4 pies llamados "Cachorros", para depositar el explosivo, de otro modo se elimina colocando explosivos en la superficie de falla, llamado "Plasta" esto dependerá del tamaño del banco. (López Jimeno C. • 2002).
- **Explosivo:** Son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas Temperaturas y presión ocasionando efectos destructivos (DS - 024 - 2016 -EM).
- **Diseño de carga:** Se refiere a la cantidad de cartuchos que se va a colocar en un taladro todo esto dependerá del tipo de taladro y la sección de arranque.
- **Confinamiento:** Es la compresión del explosivo dentro del taladro que se puede realizar mediante un atacador
- **Eficiencia de disparo:** Es el grado de performance y resultados óptimos que se puede obtener al realizar un disparo esto dependerá de muchos factores.
- **Sobrerotura:** Es el arranque excesivo de roca se genera cuando no se llega a definir bien la sección de una labor
- **Costos de Perforación:** Son todos los costos referidos a la creación de los taladros entre ellos están el valor de la máquina perforadora, aceros de perforación e insumos utilizados para realizar la perforación
- **Costos de Voladura:** Son todos los costos referidos a los explosivos y accesorios utilizados entre ellos tenemos los costos de explosivos costos de iniciación o cebado.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA

3.1. Ubicación Geográfica.

Está ubicado en el flanco occidental de los Andes, en el Gran Batolito Costanero del Sur del Perú, en el extremo sur de la "Franja Aurífera", Nazca - Ocoña, ubicado en el paraje San Juan, distrito de Río Grande, provincia de Condesuyos, región Arequipa, a una altitud promedio de 800 m.s.n.m.

3.1.1. Coordenadas geográficas y UTM.

Coordenadas geográficas:

Longitud oeste: 73° 02' 06"

Latitud sur: 16° 54' 07"

Coordenadas UTM: (punto centro del campamento)

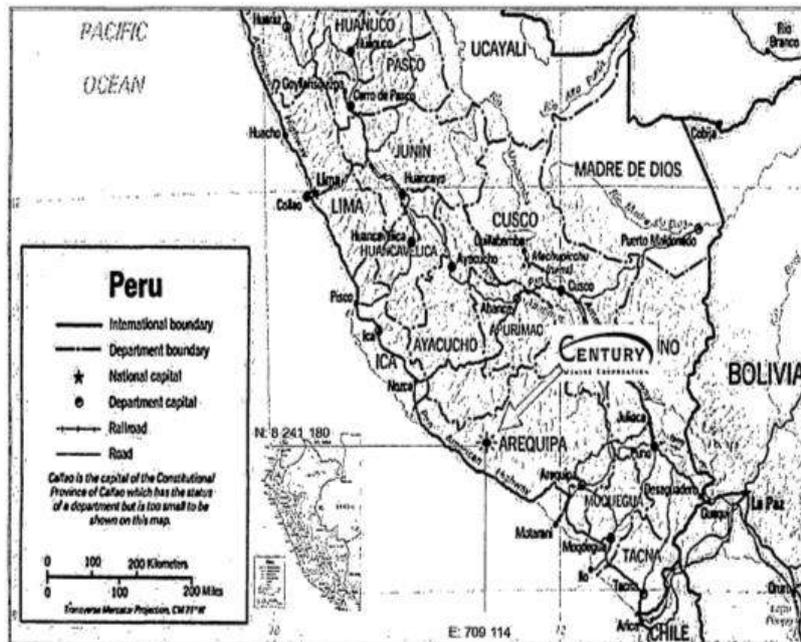
Sistema: PSAD 56

Zona: 19 L

8 241 180 Norte

709 114 Este

Figura N° 6 Mapa de localización de la mina de San Juan Chorunga



Fuente: Cia. Minera Century Mining

Nota: La figura anterior representa la ubicación de la mina Century Mining en su unidad San Juan de Chorunga

El acceso desde la ciudad de Lima es por la Panamericana Sur, hasta la localidad de Ocoña en el Km. 775 de donde se ingresa hacia el Este, por la quebrada del mismo nombre, siguiendo la carretera afirmada hasta llegar al poblado de Alto Molino, de dónde se ingresa por la quebrada Chorunga hasta el campamento San Juan.

3.2. Características Geológicas.

3.2.1. Geología Regional.

Dentro del área de estudio, la roca principal está constituida por la granodiorita Incahuasi, adicionalmente dentro del área de estudio se encuentran las siguientes unidades geológicas:

Depósitos Aluviales (Q-al): Constituido por fragmentos rocosos heterométricos de composición variable: angulares, subangulares y rodados; asimismo, gravas arenas y arcillas, sin estratificación definida.

Volcánico Sencca (Ts-vse): Litológicamente está constituido por tobas y brechas tobáceas de naturaleza mayormente dacítica a riolítica.

Formación San José (Ti-si): Se asigna este nombre a una secuencia de areniscas, lutitas y arcillas finamente estratificadas y cruzadas por abundantes vetillas de yeso e intercaladas con niveles de conglomerados; en su tercio superior existen abundantes capas de evaporitas.

Formación Labra - Cachios (Js-laca): Litológicamente esta unidad se encuentra constituida por una predominancia de areniscas y lutitas, haciéndose más pelítica en su parte inferior.

Complejo Basal (Pe-gn): Las rocas metamórficas que conforman este basamento de esta región están constituidas principalmente por gneises, granitos potásicos con estructuras gnéissicas, diques de composición básica a intermedia, así como por pequeños cuerpos tabulares de pegmatita granatítera.

Súper Unidad Incahuasi (Ks-gd-1): Es la más importante de las unidades que afloran en el área de estudio, se prolonga hacia el noroeste, hasta el cerro cenicero.

3.2.2. Geología local.

Rocas intrusivas.

Granodiorita. - Muestra un diaclasamiento con dirección N 70-80 E y N 70-80 W; la granodiorita actúa como roca caja del emplazamiento del mineral presentándose alterada cerca de los contactos y en superficie o lejos de la mineralización sin alteración.

La granodiorita que conforma la Súper Unidad Incahuasi se encuentra cortada por diques porfiríticos y afaníticos.

Dique poñirítico

Se presenta con un ancho que varía entre 5 a 15 m, están asociados a la mayor parte de las vetas de color verdoso con tonos gris claro a oscuro, presentándose cristales de plagioclasa en una pasta afanítica.

3.2.3. Geología Económica.

TIPOS DE YACIMIENTO:

El tipo de yacimiento aurífero por su morfología, relaciones texturales y secuencia paragenética, las correlaciones de campo, se tiene que el yacimiento es un filón de tipo hidrotermal.

MINERALIZACION

La mineralización del yacimiento es de origen hidrotermal y está en vetas del tipo relleno de fracturas y de reemplazamiento, en bolsones en el intrusivo principalmente.

PARAGENESIS

La paragénesis (orden cronológico) de deposición mineral, es macroscópicamente conocida por el estudio de las relaciones entre los minerales que se observan en las características texturales.

- En una primera etapa se depositó gran cantidad de cuarzo lechoso, pirita aurífera de color gris oscuro.
- Segunda etapa se depositó otro evento de cuarzo, calcopirita y oro grueso y fino.

Como mineralización hipogénica tenemos:

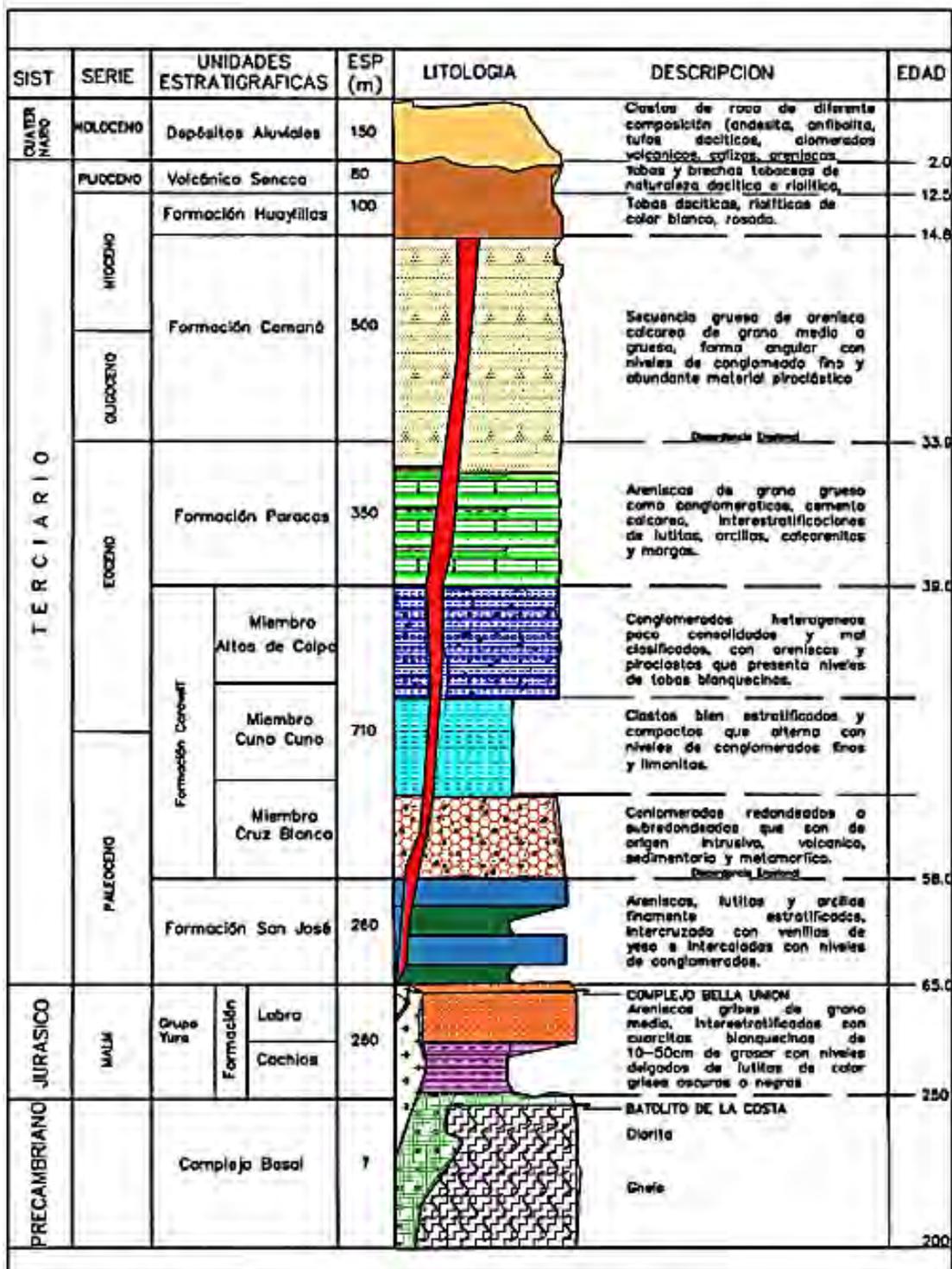
- Cuarzo
- Pirita
- Calcopirita
- Oro nativo

Como mineralización supergénica tenemos:

- Hematita
- Limonita
- Calcita
- Yeso

En la siguiente Figura se muestra la Columna estratigráfica de la unidad minera San Juan de Chorunga.

Figura N° 7 Columna Estratigráfica mina de San Juan Chorunga



Fuente: Cia. Minera Century Mining

Nota: La figura anterior representa la columna estatigrafica de la mina San Juan de Chorunga donde la veta de emplazamiento se encuentra en la formación Paracas y Camana

3.3. Operación Mina.

3.3.1. Capacidad Producción.

La ubicación de la planta concentradora está junto al campamento San Juan de Chorunga, situado en el Valle de Chorunga, Departamento de Arequipa, a 750 m.s.n.m, a 200 Km al Noroeste de la capital del departamento de Arequipa. Tiene una capacidad instalada de 550 TMSD, actualmente la capacidad operativa es de 450 TMSD; el mineral tiene como promedio la ley de 6.0 g/TM de oro. Asimismo, se tratan minerales de óxido como las arenillas y mineral de acopio, esta tiene una capacidad de 160TMSD, su ley promedio es de 3 a 4 g/TM

Cuadro N° 12 Reservas Probadas y Probables

Reservas	Tonelaje (T)	Ley (g/TM)
Probadas	160858	8.87
Probables	99555	16.87

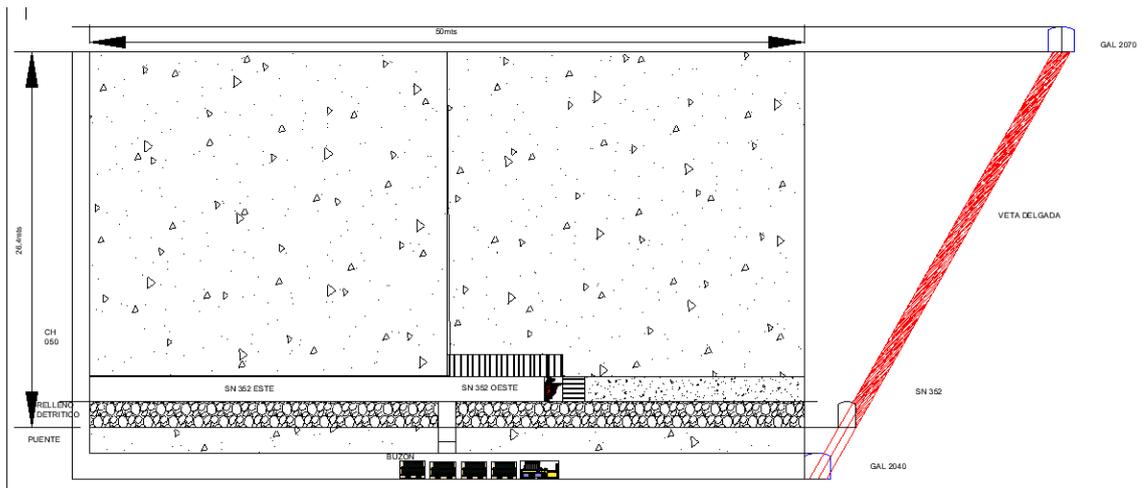
Fuente: Cia. Minera Century Mining

Nota: La figura anterior representa las reservas probadas y probables de la mina

3.3.2. Método Explotación.

El método de explotación es el de corte y relleno ascendente con Galerías principales y chimeneas a cada 50 metros donde se tiene una diferencia de altura de 30 a 40 metros con una inclinación de 30 °, este método consiste en la generación de bloques de explotación ya que al ser un sistema de vetas angostas con anchos de 0.5 a 2 metros la extracción es mediante tajeos y relleno con material detrítico propio de los avances.

Figura N° 8 Método de corte y Relleno Ascendente - convencional



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

3.3.3. Equipos y Maquinaria Utilizada.

Los equipos utilizados para la perforación son perforadores neumático tipo Jack Leg, además se utilizan Palas Neumáticas y para el acarreo de interior mina a tolvas exteriores locomotoras con vagones U-21, luego de las tolvas del echadero son cargados a los volquetes de 15 Tm de ahí se dirigen con el mineral a la planta de beneficio.

3.3.4. Ciclo de minado

Ciclo de minado de tipo convencional, perforación con máquinas Jack leg y acarreo con vagones y locomotora sistema con rieles, El ciclo comprende:

1. Perforación:

Las perforaciones son con máquinas Jack leg tipo RNP y Shenlong tipo YT, se utiliza barrenos integrales también barra cónica con broca.

2. Voladura:

La voladura se realiza con explosivo tipo emulsión Emulnor 1000, 3000 y 5000 de la empresa Famesa además se utiliza para la iniciación sistema Carmex, también se utiliza en algunos casos cordón detonante más fanel todo ello iniciado con mecha rápida.

3. Ventilación:

La ventilación se da mediante el sistema forzado con tubería de la compresora, en las galerías se utilizan ventiladores de 10000 CFM más manga de 1 ft de diámetro.

4. Sostenimiento:

Para sostenimiento se utiliza madera en forma de redondos y en otros casos sostenimiento activo con perno de anclaje, por lo general se utilizan cuadros de madera en la mayoría de las labores.

5. Carguío y acarreo:

Para el carguío se utiliza una pala neumática pero en otros casos se hace de manera convencional a pulso donde los trabajadores utilizan una pala, para el acarreo se utiliza vagones U - 21 y U - 35 todos ellos jalados por locomotora eléctrica.

3.3.5. Construcción de labores

Se realiza la construcción del valor de labores con el método de corte y relleno ascendente tipo convencional se detalla a continuación los distintos tipos de labores:

Labores de Desarrollo:

Generalmente son labores para acceder a las vetas delgadas, por lo general son galerías cortadas y cruceros en estas labores se presentan problemas de avance y sobrerotura en especial cuando se realizan trabajos en estructura y zona mineralizada

Labores de preparación:

Estas labores nos sirven para preparar la explotación del block, por lo principal son chimeneas y subniveles en estas labores también se presentan problemas de avance y sobrerotura, aunque en menor medida comparando con las labores de desarrollo

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA APLICANDO REGRESIÓN LINEAL PARA CONTROLAR EL AVANCE Y SOBROTURA

4.1.- Situación Actual del Avance y la sobre rotura en labores de Minado

El avance promedio que se da en las labores de minado tanto en labores horizontales como verticales es de 1.4 metros, este promedio se calculó en base a los ratios de perforación y voladura, en muchos casos menos, el óptimo debería ser de 1.524 metros que si se da en diferentes labores, para la perforación se utiliza barreno integral de 1600 mm o el equivalente a 5 ft 3 in, lo que no se tiene del todo claro es el diseño de las mallas de perforación y voladura, como se sabe el avance depende del buen diseño de éstas, en la actualidad se viene trabajando con un estándar pero no son del todo aplicadas debido a factores que se presentan en las operaciones; como son el cambio repentino de la calidad de roca, perforación deficiente, mal diseño de la carga explosiva; todos estos factores llevan a generar un avance lento y cada vez menor.

En la actualidad se viene trabajando con perforadoras neumáticas Jack leg que utilizan barrenos de 5 ft 3 in de longitud, sin incluir a la espiga, con estos barrenos se llega a perforar en promedio 1.48 metros, para obtener un óptimo de 1.45 metros, pero como ya mencionamos anteriormente esto no se da en muchos casos.

La carga explosiva es otro factor fundamental, en las labores de minado se vienen utilizando explosivos tipo Emulsión (Emulnor 1000,3000 y 5000), en dimensión por cartucho de 1" x 8" y 1 ½ "x 16", estos explosivos tienen diferente potencia lo que hace relevante su ubicación en la carga explosiva, en muchos de los casos se escoge cartuchos de mayor de potencia para el arranque, pero no siempre se obtienen buenos resultados.

La presencia de sobrerotura en labores de avance en zonas mineralizadas es de 12 a 25 % en este caso el sostenimiento es necesario, la sobrerotura además de generar retrasos afecta la estabilidad de las labores, lo correcto sería que la sobrerotura sea mínima

Por último, un problema que también se debe tener en consideración es que los disparos no llegan a alcanzar un óptimo de 1.45 metros lo que nos obliga a realizar el respectivo desquinche retrasando las labores y aumentando costos.

Fotografía N° 1 Disparo Taqueado Avance 1.1 metros



Fuente: Mina San Juan de Chorunga

Nota: La fotografía representa la formación de realces en los hastiales más conocidos como pechos producto de la mala voladura que se realiza en la mina

4.1.1.- Programa de avance de labores de minado

El avance en la mina se da en diferentes labores tanto horizontales como verticales, en las labores horizontales se desarrollan Galerías (Gal), Cruceros (Cx), Subniveles (S/N) y labores verticales como son Chimeneas (Ch).

En promedio mensualmente se tiene un avance de 500 metros en todas las labores tanto horizontales como verticales, esto puede ser variable dependiendo de las necesidades de la mina, las pruebas se van a realizar en la programación que se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 13 Programación de avances

VETA	NIVEL	LABOR	DESCRIPCION	DISTANCIA(mts.)
CHANCHIN	1920	SUBNIVEL	S/N - 165 E (Intermedio)	695.2
ESPERANZA-II	1940	CRUCERO	Cx 710 refugio	593
ESPERANZA-II	1940	CRUCERO	Cx 700	602.5
ESPERANZA-II	1940	ESTOCADA	Estoc. Piso Ch 780	84.8
ESPERANZA-II	1940	CHIMENEA	Ch 780	434.8
ESPERANZA-II	1940	CHIMENEA	Ch 780	434.8
ESPERANZA-II	1940	CHIMENEA	S/N 800 W (I)	487
ESPERANZA-II	1940	CHIMENEA	Ch 890	549.5
ESPERANZA-II	1940	SUBNIVEL	S/N 890 E	558.9
ESPERANZA-II	1940	CHIMENEA	Ch 890	549.5
ESPERANZA-II	1980	CRECERO	Cx 665	451.6
ESPERANZA-II	1980	SUBNIVEL	S/N 760 W (I)	346.5
ESPERANZA-II	1980	SUBNIVEL	S/N 760 E (I)	344.5
ESPERANZA-II	1980	CRUCERO	Cx 570 (Refugio)	275.1
ESPERANZA-II	1980	CHIMENEA	Ch 780	323.4
ESPERANZA-II	1980	GALERIA	Gal 375	319.3
ESPERANZA-II	2020	CHIMENEA	Ch 770	238.8
ESPERANZA-II	2020	SUBNIVEL	S/N 790 W	295.1
ESPERANZA-II	2020	CHIMENEA	Ch 770	238.8
ESPERANZA-II	2020	GALERIA	Gal 510	212.6
ESPERANZA-II	2020	GALERIA	Gal 470	208.4
ESPERANZA-II	2020	CRUCERO	Cx 430	288.6
ESPERANZA-II	2020	CHIMENEA	Ch 720 P	194.8
ESPERANZA-II	2060	GALERIA	Gal 480 E	283.9
ESPERANZA-II	2060	GALERIA	Gal 430	241.5
ESPERANZA-II	2060	GALERIA	Gal 430 T	199.6
ESPERANZA	1820	CHIMENEA	Ch -210 A (polvorin)	73.2
ESPERANZA	1820	CHIMENEA	Ch -210 B (polvorin)	62.1

Fuente: Mina San Juan de Chorunga

Nota: El Cuadro anterior es el programa de avances que se van a tomar para la evaluación de la regresión lineal en voladuras

4.1.2.- Sobrerotura e incremento de sostenimiento

Como ya se mencionó anteriormente, la sobrerotura se da más en labores que tienen que atravesar zonas mineralizadas, aunque en zonas de roca maciza también se emplea el sostenimiento, este no es pasivo como cuadros de madera si no es activo como pernos de anclaje.

Cabe mencionar que el avance se ve mermado en zonas de mineralización donde en muchos casos no se llega a cumplir con la programación esperada ya que la sobrerotura nos obliga a construir cuadros de madera con encribado que demoran el avance.

En promedio la sobrerotura va de 20 a 40 % en zonas mineralizadas lo que incrementa el sostenimiento, hay que considerar que en estas labores se utiliza explosivo Emulnor 1000 que tiene mayor potencia relativa y por ende incrementa la sobrerotura porque afecta al macizo rocoso en general.

4.1.3.- Ratios de Perforación y Voladura

Durante los últimos dos años se ha generado los ratios de voladura que no son más que los datos que se registran producto de los diferentes disparos que se dan, estos datos son de vital importancia porque registran todos los factores involucrados como son los explosivos, calidad de roca, número de Taladros, factor de avance, factor de potencia además del avance conseguido y la sobrerotura

Estos datos registrados son de vital importancia porque, son los resultados de diferentes disparos que se han realizado, nuestro objetivo en este trabajo es consolidar estos datos y realizar una aproximación para poder generar una malla que nos ayude a alcanzar nuestro avance óptimo.

Ratios de labores horizontales y verticales

La empresa realiza avances en labores horizontales y verticales, los ratios que se obtienen generalmente son datos de la sección, avance, eficiencia y longitud de perforación, estos datos son subidos diariamente a través de diferentes cuadros creados en Excel, así como se puede observar en el Cuadro N° 10:

Cuadro N° 14 Reporte de Ratios de Voladura (Avances)

REPORTE DE RATIOS DE PERFORACIÓN 43922

Día (Todas)

Voladura	Semana	Lab	Secc (m)	Long barreno (pie)	Long taladro (m)	Eficiencia perf (%)	Avance (m)	Eficiencia vol (%)	
OK	Sem 1	CH 1390	2.40X1.20	5	1.47	96%	1.35	92%	
		SN 1180 W	0.90x1.80	5	1.46	96%	1.39	95%	
	Promedio Semanal					1.47	96%	1.37	94%
	Sem 2	CH 1390	2.40X1.20	5	1.47	96%	1.36	93%	
		SN 1180 W	0.90x1.80	5	1.47	96%	1.35	92%	
		GL 50	2.10x2.40	5	1.48	97%	1.40	95%	
	Promedio Semanal					1.47	97%	1.37	93%
	Sem 3	CH 1390	2.40X1.20	5	1.47	96%	1.38	94%	
		SN 1180 W	0.90x1.80	5	1.48	97%	1.40	95%	
		GL 50	2.10x2.40	5	1.48	97%	1.40	95%	
		CH 1180	2.40X1.20	5	1.47	96%	1.38	94%	
	Promedio Semanal					1.48	97%	1.39	95%
	Sem 4	SN 1180 W	0.90x1.80	5	1.48	97%	1.40	95%	
		GL 50	2.10x2.40	5	1.48	97%	1.40	95%	
		CH 1180	2.40X1.20	5	1.47	96%	1.38	94%	
		XC 600	1.20X1.80	5	1.48	97%	1.38	93%	
	Promedio Semanal					1.48	97%	1.39	94%
	Promedio					1.47	97%	1.38	94%

Fuente: Mina San Juan de Chorunga

Nota: En el cuadro anterior se muestra en detalle la base de datos para la recolección de ratios de voladura en base a características principales tales como sección de labor, eficiencia perforación y avance.

Además de registrar datos de perforación también se almacenan datos de voladura donde se determina los factores de potencia, cantidad de explosivo por TM o metro avanzado, como se detalla en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 15 Reporte de Ratios de Voladura (Columna de carga)

REPORTE DE RATIOS DE VOLADURA 43922

Día (Todas)

Voladura	Semana	Lab	Secc (m)	Long barreno (pies)	7 Kg/ml 2.80 kg/m ³ 0.55 kg				
					F.A. (Kg./ ml)	F. C. (kg / m ³)	Kg expl/ tal		
OK	Sem 1	1480	CH 1390	2.40X1.20	5	6.92	2.40	0.48	
			SN 1180 W	0.90x1.80	5	6.66	4.47	0.58	
	Promedio Semanal					6.79	3.44	0.53	
	Sem 2	1480	CH 1390	2.40X1.20	5	6.64	2.31	0.45	
			SN 1180 W	0.90x1.80	5	6.86	4.60	0.58	
			GL 50	2.10x2.40	5	11.96	2.58	0.56	
	Promedio Semanal					8.08	3.52	0.54	
	Sem 3	1480	CH 1390	2.40X1.20	5	6.56	2.28	0.45	
			SN 1180 W	0.90x1.80	5	6.61	4.44	0.58	
			GL 50	2.10x2.40	5	11.96	2.58	0.56	
			CH 1180	2.40X1.20	5	6.56	2.28	0.45	
	Promedio Semanal					8.20	3.02	0.52	
	Sem 4	1480	SN 1180 W	0.90x1.80	5	6.61	4.44	0.58	
			GL 50	2.10x2.40	5	11.96	2.58	0.56	
			CH 1180	2.40X1.20	5	6.54	2.27	0.45	
			XC 600	1.20X1.80	5	7.33	3.69	0.56	
	Promedio Semanal					7.67	2.84	0.51	
	Promedio						7.73	3.15	0.52
	Promedio general						7.73	3.15	0.52

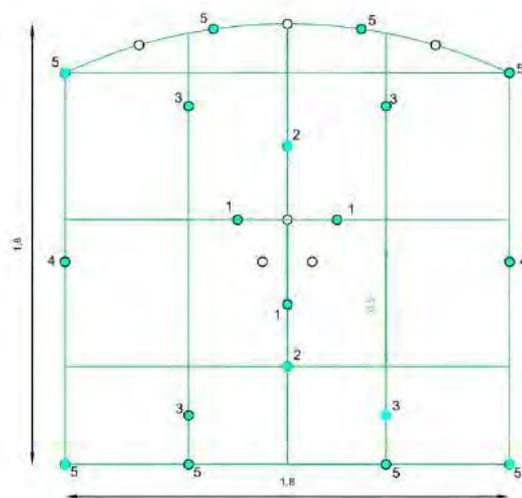
Fuente: Mina San Juan de Chorunga

Nota: En el cuadro anterior se muestra en detalle la base de datos para la recolección de ratios de voladura en base a características tales como factor de carga, factor de avance y factor de potencia.

4.2.- Mallas Actuales de Perforación y voladura

En la actualidad se tiene un estándar para las mallas de perforación y voladura, tanto para Galerías y Chimeneas, se debe resaltar que estas mallas se utilizan de acuerdo a la consideración de los trabajadores y que su creación se da en base a la experiencia propia de los profesionales que trabajan en la empresa, las mallas actuales se muestran en las siguientes figuras:

Figura N° 9 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 6'x6' (Avance en Mineral)- Galerías y Cruceos



MALLA ACTUAL DE PERFORACION Y VOLADURA			
●	TALADRO CARGADO		
○	TALADRO DE ALIVIO		
LABOR	MALLA SECCIÓN 6' X 6' AVANCE EN MINERAL		LÁMINA
GAL. CX. EST. BP.	FECHA		

N° W	CARGA		RIGIDEZ
	ESTRUC.	ESTRUC.	
1. ARRANQUE	3	6	18
2. AYUDAS	2	5	10
3. SOBRE AYUDAS	4	5	20
4. CUADRADORES	2	5	10
5. ARRASTRE	4	5	20
6. CORONA	4	4	16
TOTAL			94

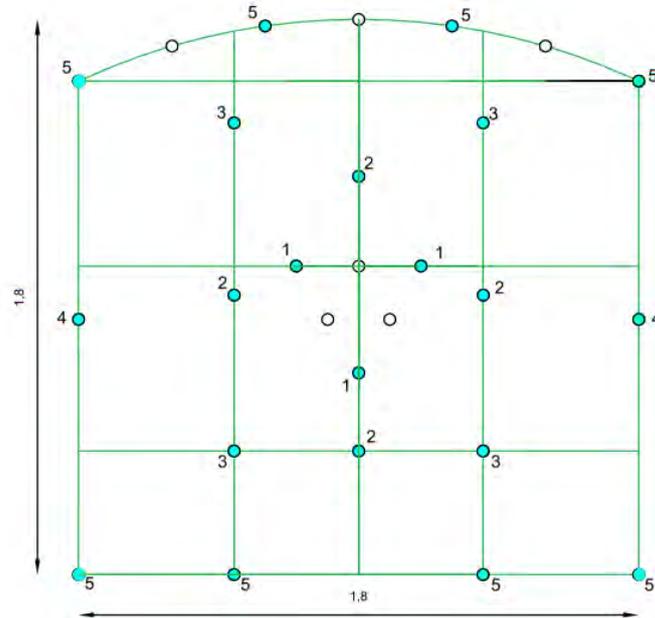
N° TAL. PERF.	25
CARMEX	19
N° ALIVIOS	6
E - 1000	94

ARRANQUE	3	6	18
AYUDAS	2	5	10
SOBRE AYUDAS	4	5	20
CUADRADORES	2	5	10
ARRASTRE	4	5	20
CORONA	4	4	16

Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2018)

Nota: La Figura anterior representa la malla utilizada en la actualidad antes de emplear el método de regresión lineal en sección 6x6 en roca tipo mineral

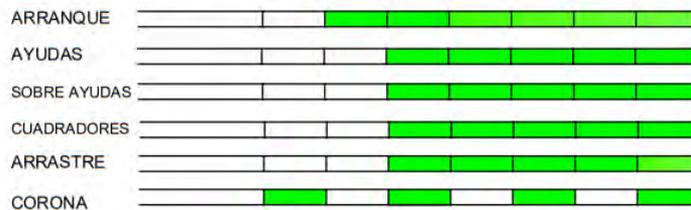
Figura N° 10 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 6'x6'(Avance en Desmonte)- Galerías y Cruceros



MALLA ACTUAL DE PERFORACION Y VOLADURA			
●	TALADRO CARGADO		
○	TALADRO DE ALIVIO		
LABOR	MALLA SECCIÓN 6'x6' AVANCE EN DESMONTE		LÁMINA
GAL. EST.	CX. BP.	FECHA	

	N° Tal	Carga			N° Cart
		E-500	E-1000	E-1500	
1. ARRANQUE	3	6		18	
2. AYUDAS	4	5		20	
3. SOBRE AYUDAS	4	5		20	
4. CUADRADORES	2	5		10	
5. ARRASTRE	4	5		20	
6. CORONA	4	4		16	
	TOTAL			104	

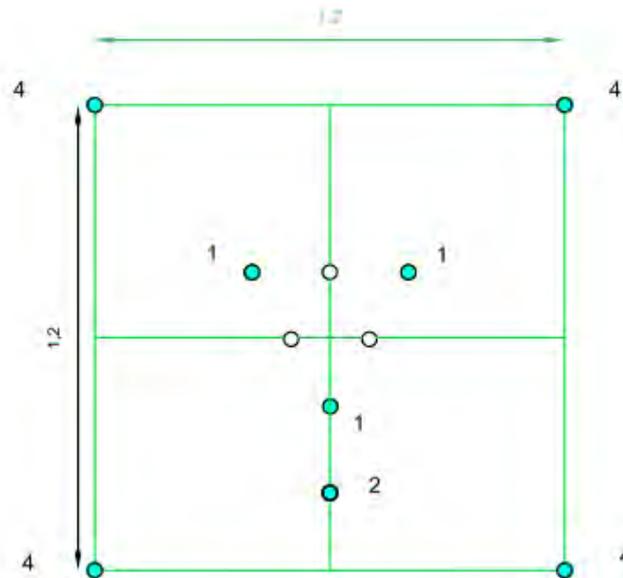
N° TAL. PERF.	27
CARMEX	21
N° ALIVIOS	6
E - 1000	104



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2018)

Nota: La Figura anterior representa la malla utilizada en la actualidad antes de emplear el método de regresión lineal en sección 6x6 en roca tipo desmonte

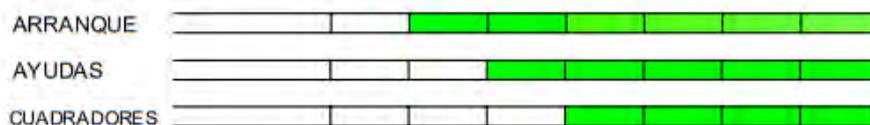
Figura N° 11 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 4'x4'(Avance en Mineral)- Chimeneas



MALLA ACTUAL DE PERFORACION Y VOLADURA		
●	TALADRO CARGADO	
○	TALADRO DE ALIVIO	
LABOR	MALLA SECCIÓN 4'x4' AVANCE EN MINERAL	LÁMINA
CH.	FECHA	03

	N° Tal	Carritil		N° Carit
		E 3310	E 3300	
1. ARRANQUE	3	6	18	
2. AYUDAS	1	5	5	
4. CUADRADORES	4	4	16	
	TOTAL		39	

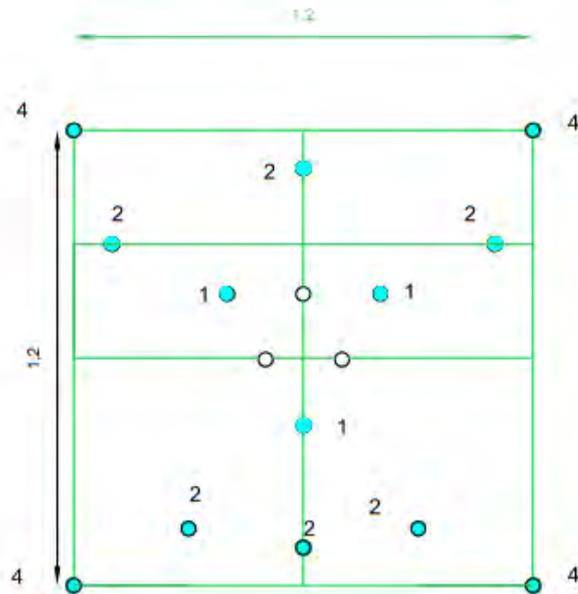
N° TAL. PERF.	11
CARMEX	08
N° ALIVIOS	3
E - 1000	39



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2018)

Nota: La Figura anterior representa la malla utilizada en la actualidad antes de emplear el método de regresión lineal en sección 4x4 en roca tipo mineral

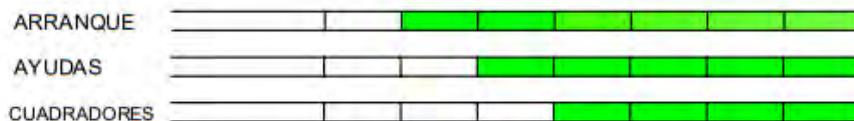
Figura N° 12 Malla Actual de Perforación y Voladura en sección 4'x4'(Avance en Desmorte) - Chimeneas



MALLA ACTUAL DE PERFORACION Y VOLADURA		
●	TALADRO CARGADO	
○	TALADRO DE ALIVIO	
LABOR	MALLA SECCIÓN 4'x4' AVANCE EN DESMONTE	LÁMINA
CH.	FECHA	01

	N° Tal	Cantid		N° Can
		E-3000	E-3000	
1. ARRANQUE	3	6	18	
2. AYUDAS	6	5	30	
4. CUADRADORES	4	4	16	
	TOTAL		64	

N° TAL. PERF	16
CARMEX	13
N° ALIVIOS	3
E - 1000	64



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2018)

Nota: La Figura anterior representa la malla utilizada en la actualidad antes de emplear el método de regresión lineal en sección 4x4 en roca tipo desmorte

4.2.1.- Consumo de Explosivos

Los explosivos provienen de la empresa Famesa – Perú, los explosivos utilizados son los denominados Emulnor 1000, 3000 y 5000, estos explosivos tienen sus fichas técnicas en el Anexo N°1, los accesorios utilizados son el sistema de iniciación Carmex y Fanel accionados por mecha rápida y cordón detonante respectivamente, en la siguiente fotografía se muestra los explosivos utilizados por la empresa.

Fotografía N° 2 Explosivos utilizados en la Mina



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2018)

Nota: La fotografía anterior son los explosivos utilizados en la mina para nuestro caso de estudio solo utilizaremos Emulnor 1000 (cartucho verde) y en otros casos Emulnor 3000 (cartucho rojo), en ambos casos son cebos ya armados para iniciación con sistema Carmex y mecha rápida

El consumo de explosivos se detalla en el Cuadro N°12 donde se tiene la recopilación del año 2018, generalmente se ha utilizado E-1000, sistema de iniciación “Carmex” y mecha rápida.

Cuadro N° 16 Resumen Consumo de Explosivo Año 2018

Fecha	Carmex (Und.)	E-1000 (Und.)	E-3000 (Und.)
Ene-18	1782	8910	393
Feb-18	2589	12945	570
Mar-18	3205	16025	705
Abr-18	3289	16445	725
May-18	3619	17425	865
Jun-18	4269	21345	940
Jul-18	4136	20680	910
Ago-18	3269	16345	720
Set-18	3025	15125	665
Oct-18	4278	21390	941
Nov-18	4639	23195	1020
Dic-18	3781	18905	832
Total	41881	208735	9286

Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2018)

Nota 1: En la mayoría de los casos solo se utiliza E-1000 , el E-3000 se da solo en casos donde existe un RMR superior a 70.

Nota 2: El consumo de explosivos en el cuadro anterior es de todas las labores tanto horizontales (Galerías, Cruceros, Estocadas, Subniveles y ByPass), y verticales (Chimeneas)

4.3.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal Simple (M.R.L.S.)

El diseño de la perforación y voladura con el método de regresión lineal simple va considerar 2 características la primera es la distancias de los taladros, la segunda es la carga de explosivo en los taladros, estos 2 aspectos son determinantes al momento de realizar el diseño de la malla de perforación y voladura aunque existen otros estos son los más representativos

4.3.1.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral

En primer lugar se va a considerar la data correspondiente a los diferentes disparos que se realizaron en galerías de avance para el material mineral en aquí también se va a estudiar 2 variables dependientes que son el avance y la sobrerotura.

4.3.1.1.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Galerías para Avance

Para el diseño de las mallas con el método de regresión lineal (M.R.L.) tomaremos como características similares a la sección de las labores, para nuestro caso de estudio solo tomaremos Galerías de 1.8 m x 1.8m (6'x6'). Como se sabe para realizar la regresión lineal tomaremos dos variables dependientes como son:

- Y1 = Avance
- Y2 = Sobrerotura

Para el diseño de los taladros se realizara la regresión lineal en el programa Excel, los resultados obtenidos serán las diferentes ecuaciones como se muestran en el cuadro siguiente, las ecuaciones siguientes corresponden a Galerías de 6'x6' de material MINERAL:

Cuadro N° 17 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=64 x - 11$
Ayudas (2)	$y = -0.4656 x + 1.6397$
Sobreayudas (3)	$y = -0.1121 x + 1.477$
Cuadradores (4)	$y = 16 x -11$
Coronas (5)	$y = -0.065x + 1.57$
Arrastres (6)	$y = -11 x + 16$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Avance y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones en caso de mineral

Estas ecuaciones son el resultado de la correlación de las distancias de los taladros.

Para el caso de alivios en arranque y corona se tiene las siguientes ecuaciones para el caso de MINERALY ESTRUCTURA:

Cuadro N° 18 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 6'x6' - Mineral

Alivios	Ecuación
Arranque	$y = -0.03 x + 1.6094$
Corona	$y = 0.058 x + 1.3656$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Avance y X= alivios utilizados

Para el caso de la columna explosiva es necesario tomar el número total de cartuchos por taladro y realizar la correlación basta dato se ha obtenido las siguientes ecuaciones como se muestran en el cuadro siguiente.

En el siguiente cuadro se muestran las ecuaciones obtenidas por el M.R.L.S. para material mineral en caso avance en secciones de 6'x6'.

Cuadro N° 19 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=0.17 x +1.3807$
Ayudas (2)	$y = 0.0052 x + 1.3601$
Sobreayudas (3)	$y = 0.005 x + 1.4013$
Cuadradores (4)	$y = 0.015 x +1.3858$
Coronas (5)	$y = 0.009 x + 1.4027$
Arrastres (6)	$y = 0.005 x + 1.4013$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 6x6 para avance optimo en mineral

Una vez obtenidas las ecuaciones se realiza el despeje de la misma considerando para el avance un valor de 1.524 m y para el caso de los sobre rotura el valor debe ser cero una vez despejada la ecuación se ve encontrar el valor para x el cual vendría a ser la nueva distancia entre taladros para obtener un avance de 1.524 m.

Lo mismo se realiza para las ecuaciones de la columna explosiva obteniendo el total de cartuchos por taladro para el caso de un avance de 1.524 m y una sobrerotura de 0%.

En el cuadro siguiente se muestran la nueva distancia entre taladros obtenidas con regresión lineal simple:

Cuadro N° 20 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6'x6' (Mineral vs Avance)

Eficiencia (%)	Avance (mts)	Arranque (1) [mts]	Ayudas (2) [mts]	Sobreyud as (3) [mts]	Cuadradores - (4) [mts]	Coronas (5) [mts]	Arrastres (6) [mts]	Alivios en Arranque (und.)	Alivios en Corona (und.)
100%	1.524	0.196	0.248	0.410	0.571	0.708	1.316	2.847	2.731
99%	1.509	0.195	0.281	0.607	0.605	0.938	1.317	3.347	2.472
98%	1.494	0.195	0.313	0.740	0.639	1.169	1.319	3.847	2.214
97%	1.478	0.195	0.347	0.883	0.675	1.415	1.320	4.380	1.938
96%	1.463	0.195	0.380	1.017	0.708	1.646	1.322	4.880	1.679
95%	1.448	0.195	0.412	1.151	0.742	1.877	1.323	5.380	1.421
94%	1.433	0.194	0.444	1.285	0.776	2.108	1.324	5.880	1.162
93%	1.417	0.194	0.478	1.427	0.812	2.354	1.326	6.413	0.886
92%	1.402	0.194	0.511	1.561	0.846	2.585	1.327	6.913	0.628
91%	1.387	0.194	0.543	1.695	0.879	2.815	1.328	7.413	0.369
90%	1.372	0.193	0.575	1.829	0.913	3.046	1.330	7.913	0.110

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las distancias entre taladros generados por Regresión lineal simple para obtener un avance optimo en sección 6x6 en mineral

El siguiente cuadro muestra las posible columnas de carga para el caso de despeje en variable “Y= avance” en material mineral para labores de sección 6'x6'.

Cuadro N° 21 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 6´x6´ en material mineral

Eficiencia (%)	Avance (mts.)	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Sobreyudas (3) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]	Coronas (5) [cart.]	Arrastres (6) [cart.]
100%	1.524	17.086	31.519	24.540	9.213	13.478	24.540
99%	1.509	16.998	28.635	21.540	8.213	11.811	21.540
98%	1.494	16.910	25.750	18.540	7.213	10.144	18.540
97%	1.478	16.816	22.673	15.340	6.147	8.367	15.340
96%	1.463	16.728	19.788	12.340	5.147	6.700	12.340
95%	1.448	16.639	16.904	9.340	4.147	5.033	9.340
94%	1.433	16.551	14.019	6.340	3.147	3.367	6.340
93%	1.417	16.457	10.942	3.140	2.080	1.589	3.140
92%	1.402	16.369	8.058	0.140	1.080	-0.078	0.140
91%	1.387	16.281	5.173	-2.860	0.080	-1.744	-2.860
90%	1.372	16.192	2.288	-5.860	-0.920	-3.411	-5.860

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 6x6 en mineral para obtener avance optimo

4.3.1.2.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Galerías para Sobrerotura

Para el caso de sobrerotura en MINERAL se tiene las siguientes ecuaciones que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 22 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=256 x -16$
Ayudas (2)	$y = 15.3725 x - 1.5223$
Sobreayudas (3)	$y = 74.667 x -26.667$
Cuadradores (4)	$y = 96 x - 48$
Coronas (5)	$y = 3.945 x -4.142$
Arrastres (6)	$y = -112 x + 160$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Sobrerotura y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones en caso de mineral

Las ecuaciones para alivios tanto en el arranque y corona se muestran el siguiente cuadro para el caso de MINERAL y ESTRUCTURA.

Cuadro N° 23 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Mineral

Alivios	Ecuacion
Arranque	$y = -5.3333 x + 23.625$
Corona	$y = -4.6104 x + 20.351$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Sobrerotura y X= alivios utilizados

Cómo se observado las diferentes actuaciones que se han obtenido son las correlaciones entre las obras rotura y la distancia de taladros de igual manera se ha realizado la correlación para las columnas explosivas como se detalla en el siguiente cuadro.

El siguiente cuadro son las ecuaciones obtenidas por M.R.L.S. en secciones 6' x6' para material mineral en el caso de sobrerotura.

Cuadro N° 24 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=0.7 x -1.3807$
Ayudas (2)	$y = 0.052 x -1.3601$
Sobreyudas (3)	$y = 0.05 x -1.4013$
Cuadradores (4)	$y = 0.16 x -1.3858$
Coronas (5)	$y = 0.07 x -1.4027$
Arrastres (6)	$y = 0.05 x - 1.4013$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 6x6 para sobrerotura optima en mineral

Como ya se ha explicado anteriormente las diferentes ecuaciones obtenidas son el resultado de las correlaciones entre sobre rotura distancia del taladro y número de cartuchos de la columna explosiva esta correlación es del tipo lineal simple porque sólo se está tomando a una variable x independiente a diferencia de la lineal múltiple que toma varias variables independientes es así que con las ecuaciones obtenidas se deberá realizar el despeje de cada uno considerando el valor de “Y” igual a 0% que es nuestro objetivo en cuanto a sobre rotura.

Para un mejor entendimiento estos taladros nuevos que se van a obtener así también como las nuevas cargas son los resultados de querer encontrar una sobre rotura igual a cero ya que como indica el método de regresión lineal deberían ajustarse los valores de los taladros y de los cartuchos hasta obtener una sobrerotura de 0%.

El siguiente cuadro muestra los taladros obtenidos con M.R.L.S. para sobrerotura en mineral en sección de 6'x6'.

Cuadro N° 25 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6´x6´ (Mineral vs Sobrerotura)

Sobrerotura	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Sobreayudas (3) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Coronas (5) [mts.]	Arrastres (6) [mts.]	Ayuda de arrastres (7) [mts.]	Alivios en Arranque (und.)
0	0.063	0.099	0.357	0.500	1.050	1.429	4.430	4.414
1	0.066	0.164	0.371	0.510	1.303	1.420	4.242	4.197
2	0.070	0.229	0.384	0.521	1.557	1.411	4.055	3.980
3	0.074	0.294	0.397	0.531	1.810	1.402	3.867	3.763
4	0.078	0.359	0.411	0.542	2.064	1.393	3.680	3.547
5	0.082	0.424	0.424	0.552	2.317	1.384	3.492	3.330

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las distancias entre taladros generados por Regresión lineal simple para obtener una sobrerotura optima en sección 6x6 en mineral

Al hablar de sobrerotura óptima nos referimos a unas sobrerotura del 0% que no siempre se va a dar en el caso del avance en galerías de 6 por 6 ya que las sobreroturas son variables y no se está considerando las diferentes fallas que puede haber al momento de realizar la perforación es por eso que se desea obtener un aproximado que nos ayude a poder controlar la zona de rotura todo esto nos llevará a encontrar valores así como la distancia entre los taladros que sean cada vez más reducidos y aquí hay una tendencia en caso de sobrerotura lo implica reducir las distancias entre taladros.

El siguiente cuadro es el despeje de la variable “Y=sobrerotura” para columnas de carga en taladros en el caso de mineral en labores de sección 6’x6’.

Cuadro N° 26 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 6’x6’ en material mineral

Sobrerotura	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Sobreayudas (3) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]	Coronas (5) [cart.]	Arrastres (6) [cart.]
0	19.724	26.156	28.026	8.661	20.039	28.023
1	34.010	45.387	48.026	14.911	34.324	48.023
2	48.296	64.617	68.026	21.161	48.610	68.023
3	62.581	83.848	88.026	27.411	62.896	88.023
4	76.867	103.079	108.026	33.661	77.181	108.023
5	91.153	122.310	128.026	39.911	91.467	128.023

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 6x6 en mineral para obtener sobrerotura óptima

Como se ha visto en el cuadro anterior la tendencia de tener una sobre rotura igual a cero implica la reducción de cartuchos en los taladros así también incrementar la sobrerotura implica aumentar más cartuchos lo que dañaría más el macizo rocoso y generaría más sobrerotura Es por ello que la tendencia influirá directamente en el aumento de la distancia de taladros y cartuchos.

4.3.1.3.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Chimeneas para Avance

Así como se ha realizado la evaluación para labores horizontales también se ha realizado las diferentes las diferentes correlaciones para labores verticales es el caso de chimeneas que en el caso de la mina tienen una sección de 4 ft por 4 ft las denominadas de un compartimiento en su mayoría utilizadas para ventilación.

Se ha realizado el mismo procedimiento que en el caso de las galerías tomando en cuenta la correlación del avance y la sobrerotura respecto a la distancia de los taladros y los cartuchos utilizados.

Las ecuaciones de los taladros en chimeneas para MINERAL serán las siguientes:

Cuadro N° 27 Ecuaciones M.R.L.S. (Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 4'x4' - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=6.3 x - 0.079$
Ayuda	$y = 5.2 x -0.77$
Cuadradores	$y = 1.8533 x -0.3211$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlacion de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Avance y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones de 4x4 en caso de mineral

En caso de alivios para las chimeneas se tendrán las siguientes ecuaciones para MINERAL:

Cuadro N° 28 Ecuaciones M.R.L.S. (Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 4'x4' - Mineral

Alivios	Ecuacion
Arranques	$y = 2.2286 x -4.5536$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Avance y X= alivios utilizados

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones para columna de carga obtenidas por M.R.L.S. para el caso de chimeneas en avance de sección 4'x4' en material mineral.

Cuadro N° 29 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 4´x4´ - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=0.0529 x +0.3171$
Ayuda	$y = 0.1039 x +0.5636$
Cuadradores	$y = 0. 06 x +1.0688$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 4x4 para avance óptimo en mineral

El siguiente cuadro muestra los nuevos taladros obtenidos con M.R.L.S. en material mineral de variable “Y= avance” en chimeneas de 4´x4´.

Cuadro N° 30 Taladros Nuevos con M.R.L.S. En sección 4´x4´ (Mineral vs Avance)

Eficiencia (%)	Avance (mts)	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Alivios en arranque(und.)
100%	1.524	0.254	0.441	0.996	2.727
99%	1.509	0.252	0.438	0.987	2.720
98%	1.494	0.250	0.435	0.979	2.714
97%	1.478	0.247	0.432	0.971	2.706
96%	1.463	0.245	0.429	0.963	2.700
95%	1.448	0.242	0.427	0.955	2.693
94%	1.433	0.240	0.424	0.946	2.686
93%	1.417	0.237	0.421	0.938	2.679
92%	1.402	0.235	0.418	0.930	2.672
91%	1.387	0.233	0.415	0.922	2.666
90%	1.372	0.230	0.412	0.914	2.659

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las distancias entre taladros generados por Regresión lineal simple para obtener un avance optimo en sección 4x4 en mineral

El cuadro siguiente es el despeje de variable “Y=avance” con respecto a Variable “X=columna de carga” para chimeneas de sección 4´x4´ en material mineral.

Cuadro N° 31 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 4´x4´ en material mineral

Eficiencia (%)	Avance (mts.)	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]
100%	1.524	22.815	9.244	7.587
99%	1.509	22.531	9.099	7.337
98%	1.494	22.248	8.955	7.087
97%	1.478	21.945	8.801	6.820
96%	1.463	21.662	8.656	6.570
95%	1.448	21.378	8.512	6.320
94%	1.433	21.095	8.368	6.070
93%	1.417	20.792	8.214	5.803
92%	1.402	20.509	8.069	5.553
91%	1.387	20.225	7.925	5.303
90%	1.372	19.941	7.781	5.053

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 4x4 en mineral para obtener avance óptimo

4.3.1.4.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material mineral en Chimeneas para Sobrerotura

En el siguiente cuadro se observan las ecuaciones de los taladros respecto a sobrerotura en mineral en chimeneas de 4´ x 4´.

Cuadro N° 32 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4´x4´ - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=95 x -16.6$
Ayuda	$y = -100 x +41$
Cuadradores	$y = 100.67 x - 80.427$

Fuente: Análisis Propio (2019)

En el cuadro siguiente se observa las ecuaciones de los alivios en arranque para chimeneas en mineral respecto a la sobrerotura.

Cuadro N° 33 Ecuaciones M.R.L.S. (Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Mineral

Alivios	Ecuacion
Arranques	$y = 1.7667 x - 1.1$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Sobrerotura y X= alivios utilizados

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones para columna de carga en chimeneas de 4'x4' en material mineral para el caso de sobrerotura.

Cuadro N° 34 Ecuaciones M.R.L.S. (Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Mineral

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=1.4286 x -20.429$
Ayuda	$y = 3 x -15$
Cuadradores	$y = 0.3549 x - 1.1875$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 4x4 para sobrerotura óptima en mineral

En los siguientes cuadros se muestra el despeje de la variable

El siguiente cuadro muestra los taladros obtenidos en material mineral para variable “Y = sobrerotura” en chimeneas de 4'x4'.

Cuadro N° 35 Taladros Nuevos con M.R.L.S. En sección 4'x4' (Mineral vs Sobrerotura)

Sobrerotura (%)	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Alivios en arranque(und.)
0	0.175	0.410	0.799	0.623
1	0.185	0.400	0.809	1.189
2	0.196	0.390	0.819	1.755
3	0.206	0.380	0.829	2.321
4	0.217	0.370	0.839	2.887
5	0.227	0.360	0.849	3.453

Fuente: Análisis Propio (2019)

El cuadro siguiente es el despeje de variable “Y=sobrerotura” con respecto a Variable “X=columna de carga” para chimeneas de sección 4'x4' en material mineral.

Cuadro N° 36 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 4’x4’ en material mineral

Sobrerotura	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]
0	14.300	5.000	3.346
1	15.000	5.333	6.164
2	15.700	5.667	8.981
3	16.400	6.000	11.799
4	17.100	6.333	14.617
5	17.800	6.667	17.434

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 4x4 en mineral para obtener sobrerotura optima

4.3.2.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte

Existe otro tipo de material donde se realiza diferentes avances es el denominado material tipo desmonte que presenta una calidad de roca mejor a la de mineral y por lo tanto tiene un valor de avance menor y una sobrerotura menor también en este caso se ha realizado la correlación tomando en cuenta las mismas variables dependientes que son el avance los sobrerotura y las variables independientes distancia entre taladros y cartuchos utilizados.

4.3.2.1.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Galerías para Avance

Como se sabe para realizar la regresión lineal tomaremos dos variables dependientes como son:

- Y1 = Avance
- Y2 = Sobrerotura

Para el diseño de los taladros se realizara la regresión lineal en el programa Excel, los resultados obtenidos serán las diferentes ecuaciones como se muestran en el cuadro

siguiente, las ecuaciones siguientes corresponden a Galerías de 6'x6' de material DESMONTE:

Cuadro N° 37 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 6'x6' - Desmonte

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=7.8316 x -0.1579$
Ayudas (2)	$y =3.3889 x + 0.179$
Sobreayudas (3)	$y = 1.8575 x + 0.2744$
Cuadradores (4)	$y = 1.9579 x - 0.1579$
Coronas (5)	$y = -0.9923 x + 2.5$
Arrastres (6)	$y = -0.3322 x + 1.8356$
Ayuda de arrastres (7)	$y = 1.278 x + 0.4152$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlacion de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Avance y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones en caso de desmonte.

Para el caso de alivios en arranque y corona se tiene las siguientes ecuaciones para el caso de DESMONTE:

Cuadro N° 38 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 6'x6' - Desmonte

Alivios	Ecuación
Arranque	$y = 0.053 x + 1.363$
Corona	$y = 0.032 x + 1.3612$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Avance y X= alivios utilizados

Otra de la variable “Y” a estudiar es la sobrerotura, para este caso también se realizó la división por MINERAL y DESMONTE, para el caso de sobrerotura en DESMONTE se tiene las siguientes ecuaciones para los taladros:

En el diseño de la columna explosiva se ha considerado los explosivos Emulnor en su variante 1000 de Famesa, estos explosivos estarán cargados en taladros de 1.524 metros que son taladros de 5' eficiencia del 100% los cartuchos usados serán de diámetro 1” y

largo 8” lo que en consecuencia solo nos permitirán cargar por taladro 7 cartuchos, en el siguiente cuadro se muestran las ecuaciones obtenidas para el M.R.L.S. en columnas de cargas de material desmonte de secciones 6´ x 6´ para el caso de avance.

Cuadro N° 39 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 6´x6´ - Desmonte

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=0.0149 x +1.1327$
Ayudas (2)	$y =0.0112 x + 1.1774$
Sobreayudas (3)	$y = 0.008 x + 1.3867$
Cuadradores (4)	$y = 0.0134 x +1.2686$
Coronas (5)	$y = 0.0036 x + 1.367$
Arrastres (6)	$y = 0.016 x + 1.3656$
Ayuda de arrastres (7)	$y = 0.026 x + 1.3821$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 6x6 para avance óptimo en desmonte

Una vez obtenidas las ecuaciones de la correlación se procede a despejar la variable x considerando a la variable en el caso de avance 1.524 m así se obtiene los nuevos valores que vendrían a hacer las nuevas distancias entre taladros y la nueva cantidad de cartuchos por taladro.

En el siguiente cuadro se tiene los resultados de despejar la variable “x” que vendría a ser la nueva distancia entre taladros asumiendo una variable “y” que se considera como avance de 1.524 m.

Cuadro N° 40 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6´x6´ (Desmonte vs Avance)

Eficiencia(%)	Avance (mts)	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Sobreayudas (3) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Coronas (5) [mts.]	Arrastres (6) [mts.]	Ayuda de arrastres (7) [mts.]	Alivios en Arranque (und.)	Alivios en Corona (und.)
100%	1.524	0.215	0.397	0.673	0.859	0.984	0.938	0.868	3.038	5.088
99%	1.509	0.213	0.392	0.665	0.851	0.999	0.983	0.856	2.755	4.619
98%	1.494	0.211	0.388	0.657	0.844	1.014	1.028	0.844	2.472	4.150
97%	1.478	0.209	0.383	0.648	0.836	1.030	1.076	0.832	2.170	3.650
96%	1.463	0.207	0.379	0.640	0.828	1.045	1.122	0.820	1.887	3.181
95%	1.448	0.205	0.374	0.632	0.820	1.060	1.167	0.808	1.604	2.713
94%	1.433	0.203	0.370	0.624	0.813	1.075	1.212	0.796	1.321	2.244
93%	1.417	0.201	0.365	0.615	0.804	1.091	1.260	0.784	1.019	1.744
92%	1.402	0.199	0.361	0.607	0.797	1.107	1.305	0.772	0.736	1.275
91%	1.387	0.197	0.356	0.599	0.789	1.122	1.350	0.760	0.453	0.806
90%	1.372	0.195	0.352	0.591	0.781	1.137	1.396	0.749	0.170	0.338

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las distancias entre taladros generados por Regresión lineal simple para obtener un avance óptimo en desmonte en sección 6x6

Cuadro N° 41 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 6´x6´ en material desmonte

Eficiencia (%)	Avance (mts.)	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Sobreyudas (3) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]	Coronas (5) [cart.]	Arrastres (6) [cart.]	Ayuda de arrastres (7) [cart.]
100%	1.524	26.262	30.946	17.163	19.060	9.813	9.900	5.458
99%	1.509	25.255	29.607	15.288	17.940	8.875	8.963	4.881
98%	1.494	24.248	28.268	13.413	16.821	7.938	8.025	4.304
97%	1.478	23.174	26.839	11.413	15.627	6.938	7.025	3.688
96%	1.463	22.168	25.500	9.538	14.507	6.000	6.088	3.112
95%	1.448	21.161	24.161	7.662	13.388	5.063	5.150	2.535
94%	1.433	20.154	22.821	5.788	12.269	4.125	4.213	1.958
93%	1.417	19.081	21.393	3.788	11.075	3.125	3.213	1.342
92%	1.402	18.074	20.054	1.912	9.955	2.188	2.275	0.765
91%	1.387	17.067	18.714	0.037	8.836	1.250	1.338	0.188
90%	1.372	16.060	17.375	-1.837	7.716	0.313	0.400	-0.388

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 6x6 para avance optimo en desmonte

4.3.2.2.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmote en Galerías para Sobrerotura

Para el diseño de las mallas con el método de regresión lineal (M.R.L.) tomaremos como características similares a la sección de las labores, para nuestro caso de estudio solo tomaremos Galerías de 1.8 m x 1.8m (6'x6') y Chimeneas de 1.2 m x 1.2 m (4' x 4').

Cuadro N° 42 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Desmote

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=23.556 x -2.6667$
Ayudas (2)	$y = 4.502 x - 0.5874$
Sobreayudas (3)	$y = 4.1984 x - 0.8047$
Cuadradores (4)	$y = 5.8889 x - 2.6667$
Coronas (5)	$y = 5.2176 x - 5.8669$
Arrastres (6)	$y = 2.3046 x - 1.5747$
Ayuda de arrastres (7)	$y = -6.1938 x + 7.9873$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Sobrerotura y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones en caso de desmote

Las ecuaciones para alivios tanto en el arranque y corona se muestran el siguiente cuadro para el caso de DESMONTE.

Cuadro N° 43 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 6'x6' - Desmote

Alivios	Ecuacion
Arranque	$y = -2.9721 x + 10.944$
Corona	$y = -0.6656 x + 2.6025$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Sobrerotura y X= alivios utilizados

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones obtenidas por M.R.L.S. para el caso de carga explosiva en material desmote de sección 6' x 6' para el caso de sobrerotura.

**Cuadro N° 44 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en
Sobrerotura de secciones 6'x6' - Desmante**

Taladros	Ecuacion
Arranque (1)	$y=0.065 x -1.1327$
Ayudas (2)	$y = 0.0512 x -1.1774$
Sobreayudas (3)	$y = 0.08 x - 1.3867$
Cuadradores (4)	$y = 0.05 x -1.2686$
Coronas (5)	$y = 0.11 x -1.367$
Arrastres (6)	$y = 0.09 x -1.3656$
Ayuda de arrastres (7)	$y = 0. 18 x - 1.3821$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 6x6 para sobrerotura optima en desmante

Una vez obtenidas las ecuaciones de las correlaciones se procede a despejar la variable x que vendría a ser la nueva distancia entre taladros y también vendría a ser para el caso de columna explosiva el número de cartuchos por taladro considerando todos estos aspectos debemos realizar el despeje de las diferentes actuaciones y así obtener los nuevos valores que nos permitan diseñar nuestra malla de perforación volador

En el caso para despejar la variable “Y= sobrerotura ” se tiene el siguiente cuadro para el caso de sobrerotura en desmante en secciones de 6'x6, donde se obtiene los diferentes taladros con el M.R.L.S.

Cuadro N° 45 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 6'x6' (Desmonte vs Sobrerotura)

Sobrerotura	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Sobreayudas (3) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Coronas (5) [mts.]	Arrastres (6) [mts.]	Ayuda de arrastres (7) [mts.]	Alivios en Arranque (und.)	Alivios en Corona (und.)
0	0.113	0.130	0.192	0.453	1.124	0.683	1.290	3.682	3.910
1	0.156	0.353	0.430	0.623	1.316	1.117	1.128	3.346	2.408
2	0.198	0.575	0.668	0.792	1.508	1.551	0.967	3.009	0.905
3	0.241	0.797	0.906	0.962	1.699	1.985	0.805	2.673	-0.597
4	0.283	1.019	1.144	1.132	1.891	2.419	0.644	2.336	-2.100
5	0.325	1.241	1.383	1.302	2.083	2.853	0.482	2.000	-3.602

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las distancias entre taladros generados por Regresión lineal simple para obtener una sobrerotura optima en demonte sección 6x6

El siguiente cuadro muestra las posible columnas de carga para el caso de despeje en variable “Y= sobrerotura” en material desmonte para labores de sección 6'x6', todos

Cuadro N° 46 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 6´ x6´ en material desmonte

Sobrerotura (%)	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Sobreayudas (3) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]	Coronas (5) [cart.]	Arrastres (6) [cart.]	Ayuda de arrastres (7) [cart.]
0	17.426	22.996	17.334	25.372	12.427	15.173	7.678
1	32.811	42.527	29.834	45.372	21.518	26.284	13.234
2	48.195	62.059	42.334	65.372	30.609	37.396	18.789
3	63.580	81.590	54.834	85.372	39.700	48.507	24.345
4	78.965	101.121	67.334	105.372	48.791	59.618	29.901
5	94.349	120.652	79.834	125.372	57.882	70.729	35.456

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 6x6 en desmonte para obtener sobrerotura optima

4.3.2.3.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Chimeneas para Avance

Asimismo, para el caso de labores verticales chimeneas de 4' x 4' se obtendrán las siguientes ecuaciones para los taladros, igualmente como en el caso anterior se va diferencia por MINERAL y DESMONTE , en este caso la variable estudiada será el avance en desmonte para chimenea:

Cuadro N° 47 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Avance de secciones 4'x4' - Desmonte

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=10.1993 x - 1.4118$
Ayuda	$y = 6.0326 x - 1.3871$
Cuadradores	$y = 3.9507 x - 1.4929$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlacion de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Avance y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones de 4x4 en caso de desmonte

En caso de alivios para las chimeneas se tendrán las siguientes ecuaciones para DESMONTE:

Cuadro N° 48 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Avance de secciones 4'x4' - Desmonte

Alivios	Ecuacion
Arranques	$y = 0.058 x + 1.3671$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Avance y X= alivios utilizados

El siguiente cuadro son las ecuaciones obtenidas de columna de carga por M.R.L.S. para el caso de chimeneas de sección 4'x4' en material desmonte en el caso de avance.

Cuadro N° 49 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Avance de secciones 4'x4' - Desmonte

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=0.0045 x +1.3042$
Ayuda	$y = 0.006 x +1.3672$
Cuadradores	$y = 0.009 x+1.3943$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 4x4 para avance optimo en desmonte

El siguiente cuadro son las distancias entre taladros obtenidas al realizar el despeje de la variable x en las ecuaciones obtenidas de la correlación:

Cuadro N° 50 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 4'x4' (Desmonte vs Avance)

Eficiencia (%)	Avance (mts)	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Alivios en arranque(und.)
100%	1.524	0.288	0.483	0.764	2.705
99%	1.509	0.286	0.480	0.760	2.447
98%	1.494	0.285	0.478	0.756	2.188
97%	1.478	0.283	0.475	0.752	1.912
96%	1.463	0.282	0.472	0.748	1.653
95%	1.448	0.280	0.470	0.744	1.395
94%	1.433	0.279	0.467	0.741	1.136
93%	1.417	0.277	0.465	0.737	0.860
92%	1.402	0.276	0.462	0.733	0.602
91%	1.387	0.274	0.460	0.729	0.343
90%	1.372	0.273	0.457	0.725	0.084

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las distancias entre taladros generados por Regresión lineal simple para obtener un avance optimo en sección 4x4 en desmonte

El número de cartuchos que se muestra en el siguiente cuadro son el resultado de despejar las ecuaciones de la correlación con respecto a la carga explosiva para chimeneas

Cuadro N° 51 Resultados variable “Y= Avance” con M.R.L.S. en sección 4’x4’ en material desmonte

Eficiencia (%)	Avance (mts.)	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]
100%	1.524	48.844	26.133	14.411
99%	1.509	45.511	23.633	12.744
98%	1.494	42.178	21.133	11.078
97%	1.478	38.622	18.467	9.300
96%	1.463	35.289	15.967	7.633
95%	1.448	31.956	13.467	5.967
94%	1.433	28.622	10.967	4.300
93%	1.417	25.067	8.300	2.522
92%	1.402	21.733	5.800	0.856
91%	1.387	18.400	3.300	-0.811
90%	1.372	15.067	0.800	-2.478

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 4x4 en desmonte para obtener avance optimo

4.3.2.4.- Diseño de la malla de perforación y voladura con el método de regresión lineal simple para material desmonte en Chimeneas para Sobrerotura

Para el caso de la sobrerotura se tendrá las siguientes ecuaciones en las chimeneas de 4’ x 4’, tanto para los diferentes taladros: En el siguiente cuadro se observan las ecuaciones de los taladros respecto a sobrerotura en desmonte en chimeneas de 4’ x 4’.

Cuadro N° 52 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4’x4’ - Desmonte

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=15.4003 x -1.1668$
Ayuda	$y = 10.301 x - 3.5546$
Cuadradores	$y = 14.694 x -9.9531$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlacion de datos para las distancias entre los taladros donde Y= Sobrerotura y X= Distancia entre taladros para las diferentes secciones de 4x4 en caso de desmonte

El cuadro siguiente se observa la ecuaciones de los alivios en arranque para chimeneas en desmonte respecto a la sobrerotura.

Cuadro N° 53 Ecuaciones M.R.L.S.(Malla Perforación- Alivios) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Desmonte

Alivios	Ecuacion
Arranques	$y = 3.0428 x - 2.0124$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación de datos para los alivios utilizados Y= Sobrerotura y X= alivios utilizados

El cuadro siguiente contiene las ecuaciones de columna de carga para chimeneas de sección 4'x4' en material desmonte para el caso de sobrerotura.

Cuadro N° 54 Ecuaciones M.R.L.S.(Columna Explosiva- Taladros) en Sobrerotura de secciones 4'x4' - Desmonte

Taladros	Ecuacion
Arranque	$y=0.021 x - 0.2842$
Ayuda	$y = 0.12 x - 1.6263$
Cuadradores	$y = 0.098 x - 2.3914$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las ecuaciones producto de la correlación con M.R.L.S. para columna explosiva en sección 4x4 para sobrerotura optima en desmonte.

Los siguientes cuadros son el despeje de la variable “Y= sobrerotura” donde se obtuvieron taladros con el M.R.L.S. en chimeneas de 4'x4' en material de desmonte.

Cuadro N° 55 Taladros Nuevos con M.R.L.S. en sección 4'x4' (Desmonte vs Sobrerotura)

Sobrerotura (%)	Arranque (1) [mts.]	Ayudas (2) [mts.]	Cuadradores (4) [mts.]	Alivios en arranque(und.)
0	0.076	0.345	0.677	0.661
1	0.141	0.442	0.745	0.990
2	0.206	0.539	0.813	1.319
3	0.271	0.636	0.882	1.647
4	0.335	0.733	0.950	1.976
5	0.400	0.830	1.018	2.305

Fuente: Análisis Propio (2019)

El cuadro siguiente es el despeje de variable “Y=sobrerotura” con respecto a Variable “X=columna de carga” para chimeneas de sección 4’x4’ en material desmonte.

Cuadro N° 56 Resultados variable “Y= Sobrerotura” con M.R.L.S. en sección 4’x4’ en material desmonte

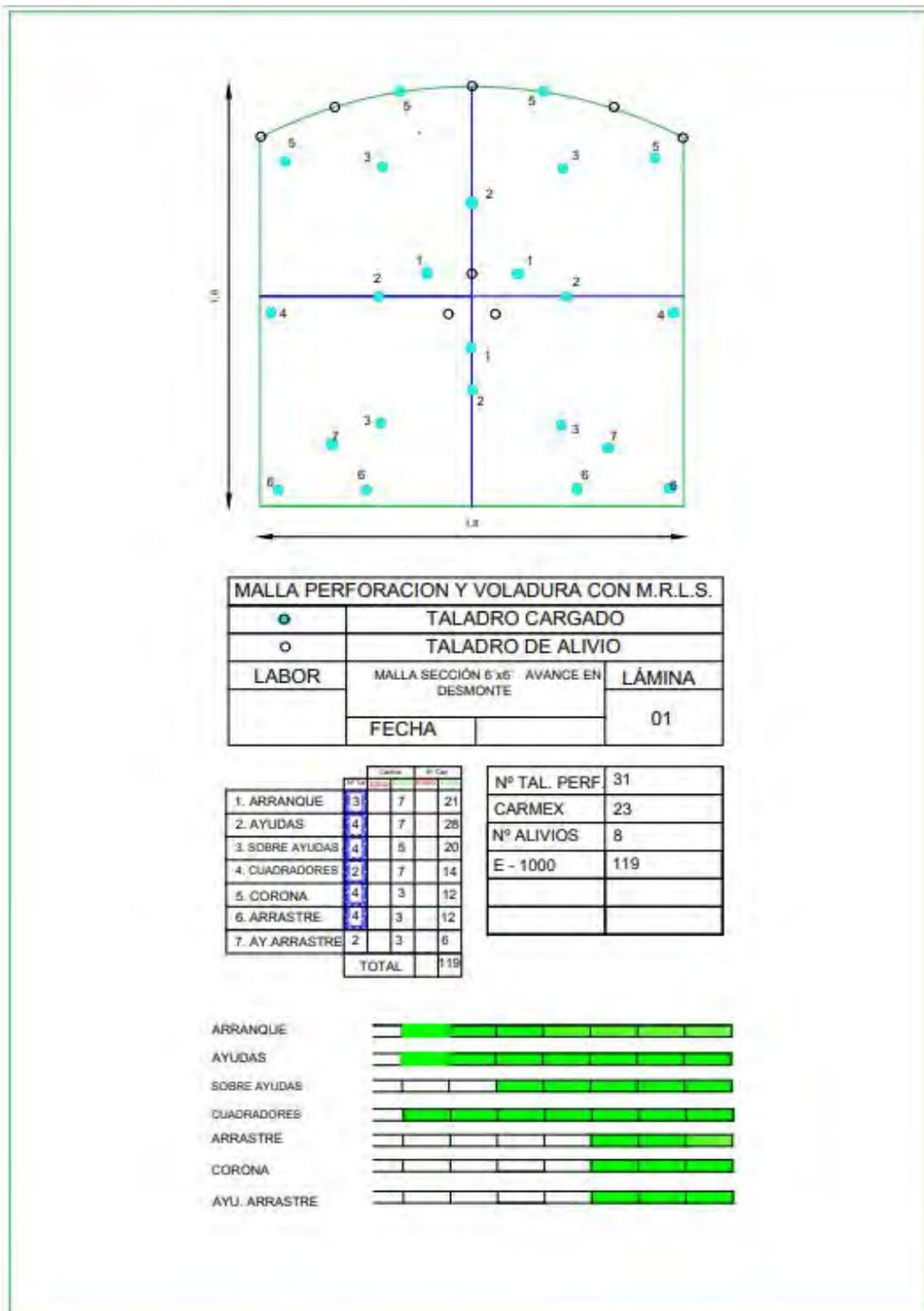
Sobrerotura	Arranque (1) [cart.]	Ayudas (2) [cart.]	Cuadradores (4) [cart.]
0	13.533	13.553	24.402
1	61.152	21.886	34.606
2	108.771	30.219	44.810
3	156.390	38.553	55.014
4	204.010	46.886	65.218
5	251.629	55.219	75.422

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: El cuadro anterior son las nuevas columnas de carga obtenidas con MRLS para sección 4x4 en mineral para obtener sobrerotura optima

Las siguientes figuras son las nuevas mallas diseñadas con el método de regresión lineal simple ambas están diferenciadas de acuerdo al tipo de material para el caso de distancia entre taladros se han hecho aproximaciones lo mismo se ha realizado para el caso de la carga explosiva ya que no se puede colocar la mitad de un cartucho hay muchos casos donde se ha considerado colocar uno más, o reducir uno todo con el objetivo de que pueden ingresar dentro del taladro todas estas mallas han sido probadas en diferentes galerías y chimeneas así también se realizó la prueba de algunas mallas que no se suponía dieran resultado en estocadas para que así no exista una gran pérdida si la voladura sale mal.

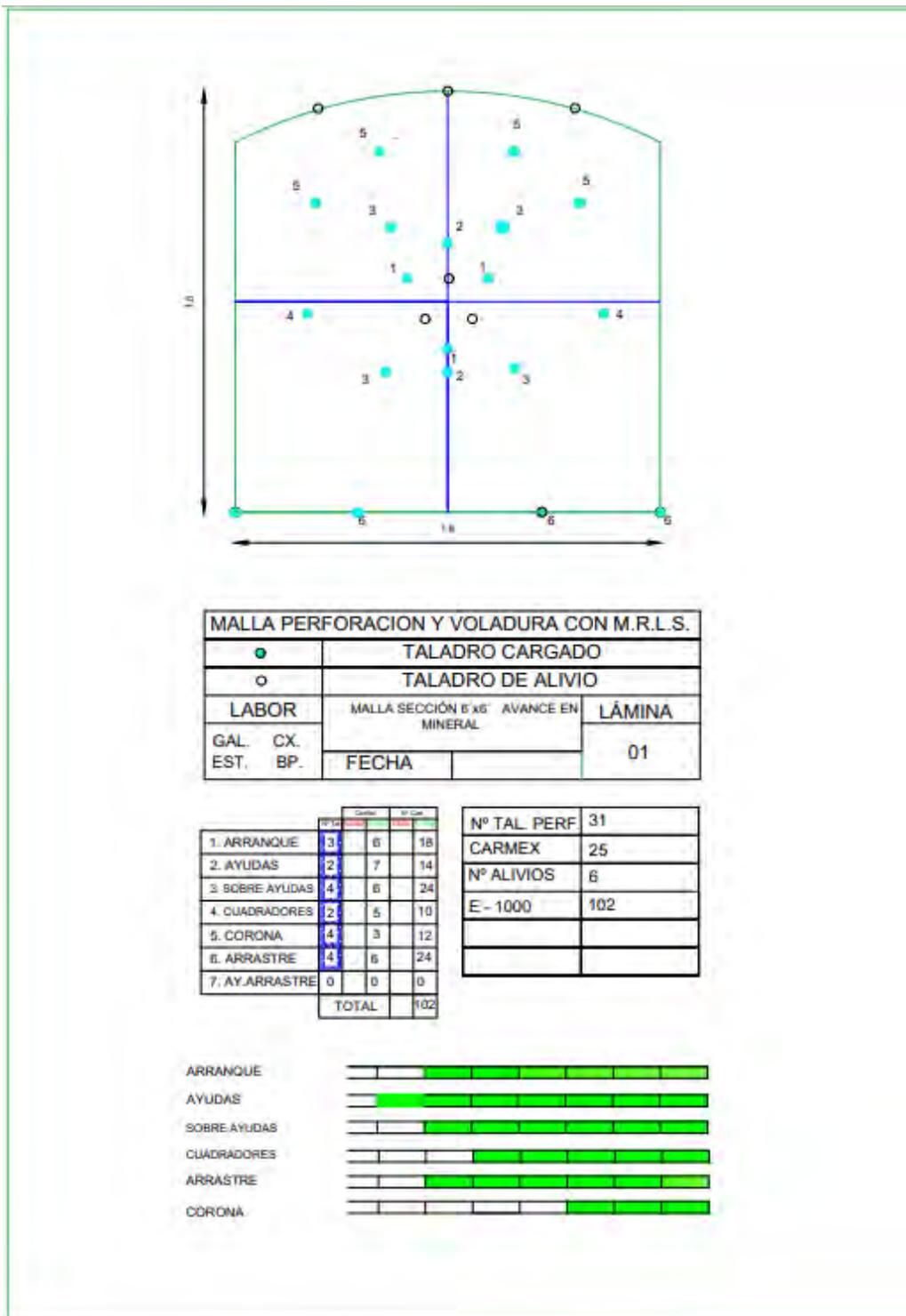
Figura N° 13 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6'x6'(Avance en desmonte)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener avance optimo en sección 6x6 en desmonte

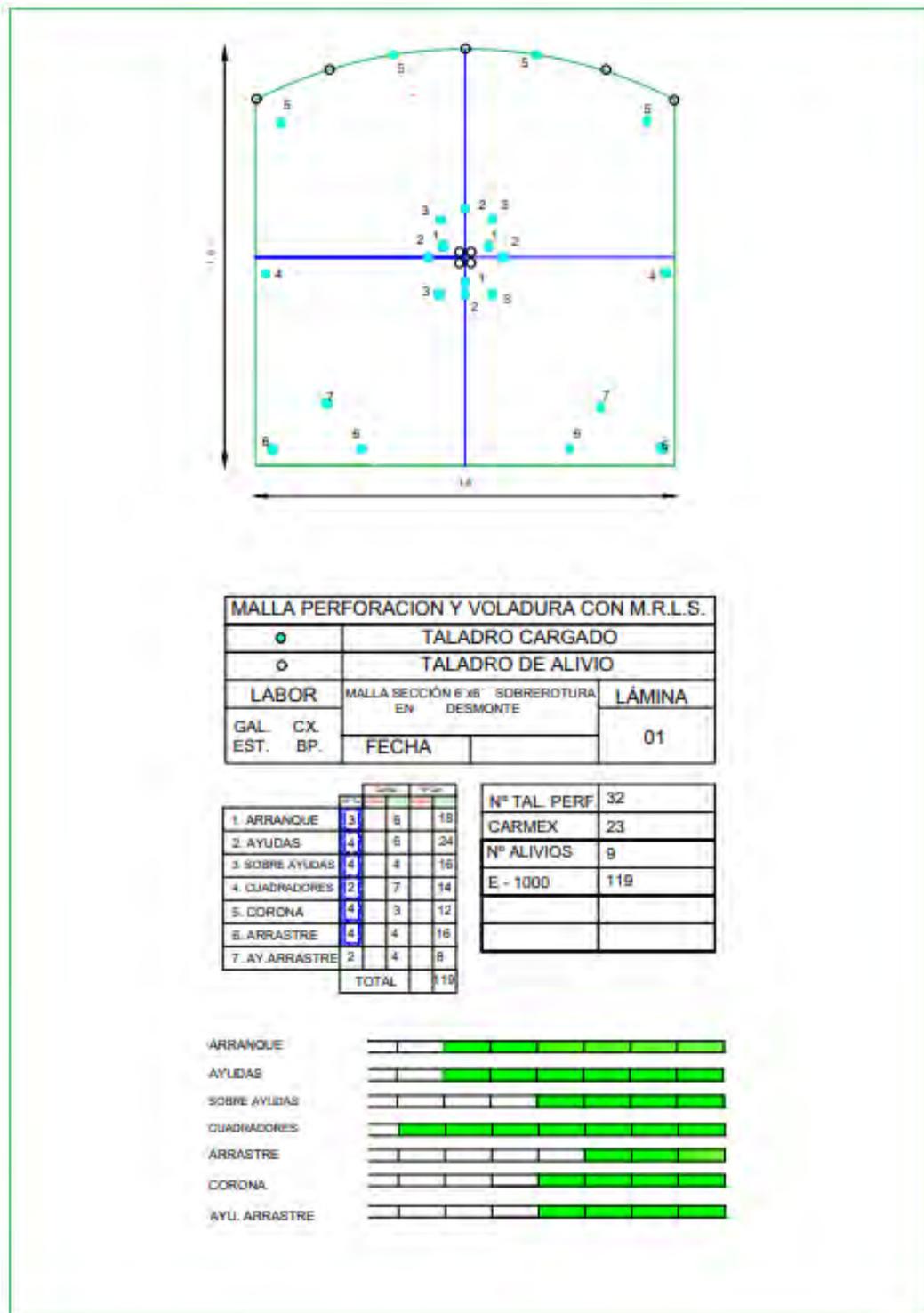
Figura N° 14 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6´x6´(Avance en Mineral)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener avance optimo en sección 6x6 en mineral

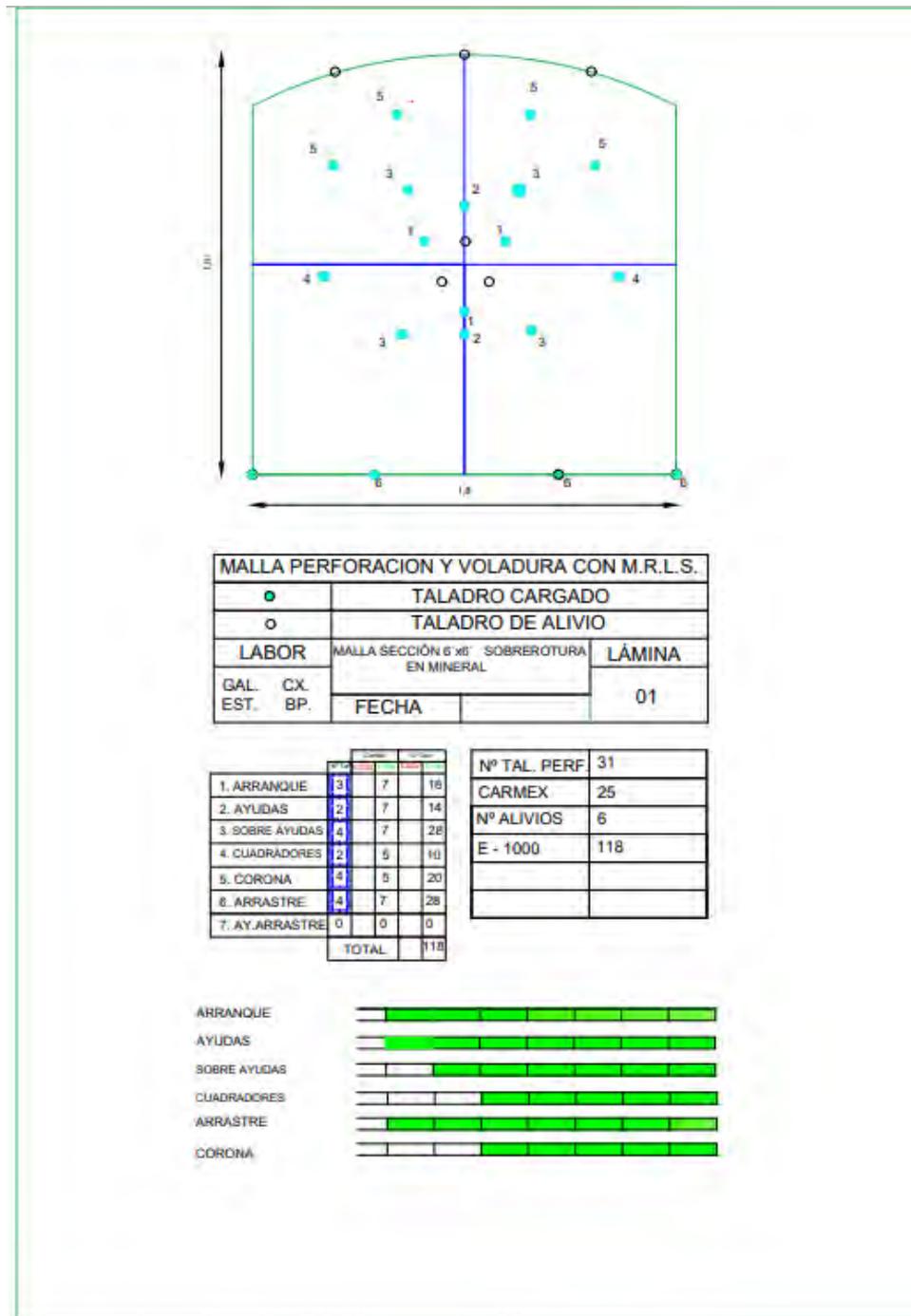
Figura N° 15 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6'x6'(Sobrerotura en Desmonte)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener sobrerotura óptima en sección 6x6 en desmonte

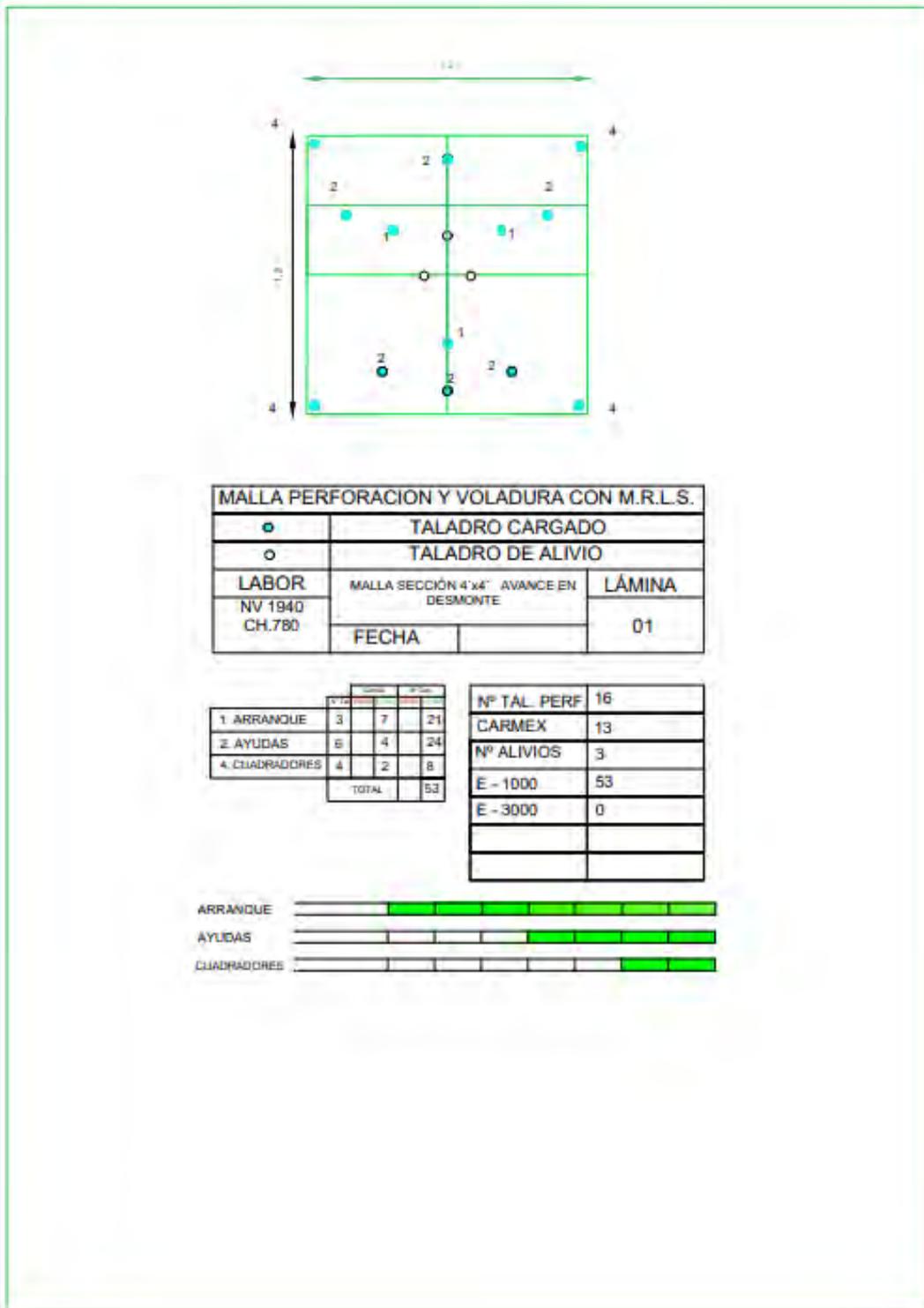
Figura N° 16 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 6´x6´(Sobrerotura en Mineral)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener sobrerotura óptima en sección 6x6 en mineral

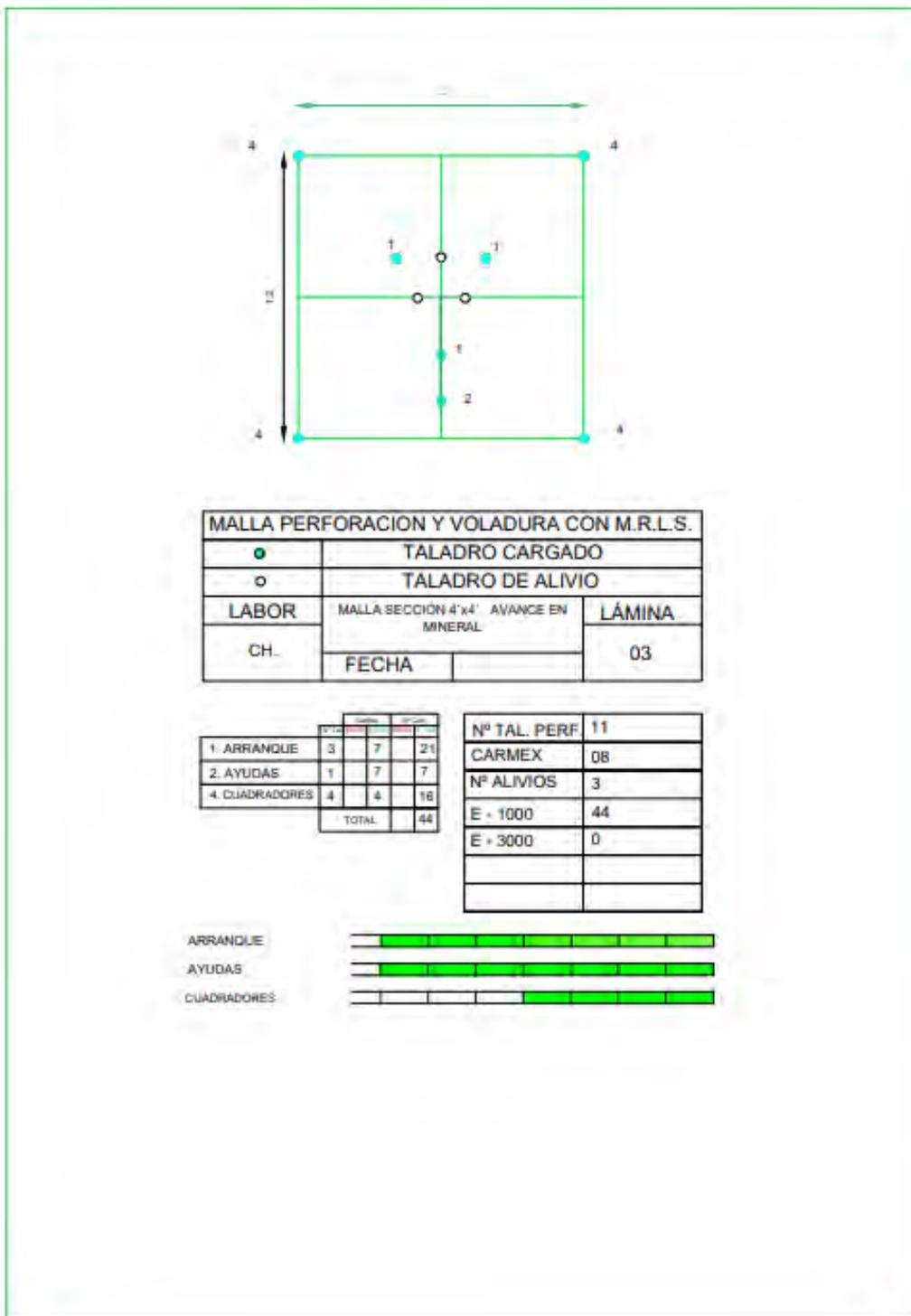
Figura N° 17 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4´x4´(Avance en Desmonte)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener avance optimo en sección 4x4 en desmonte

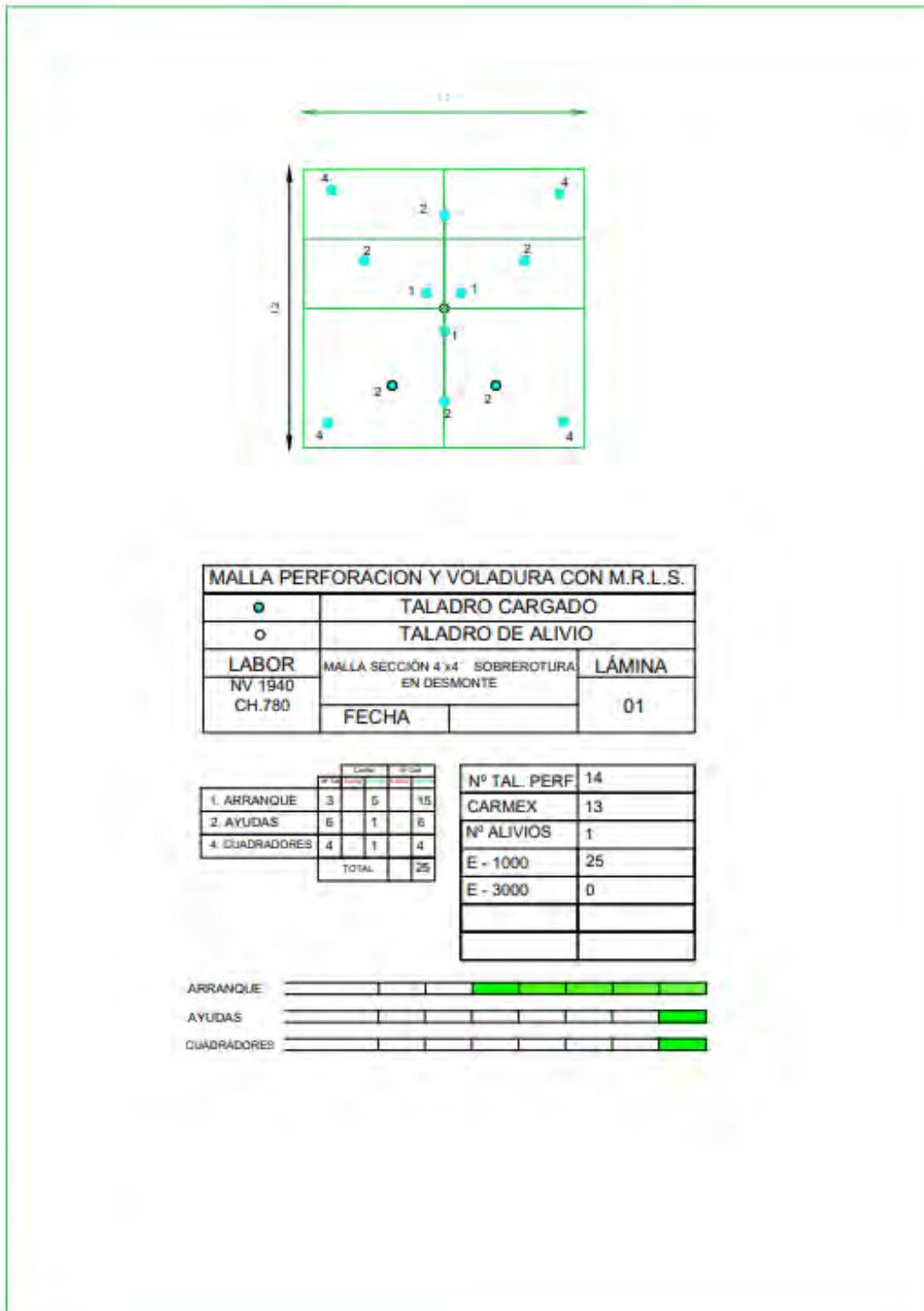
Figura N° 18 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4'x4'(Avance en Mineral)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener avance optimo en sección 4x4 en mineral

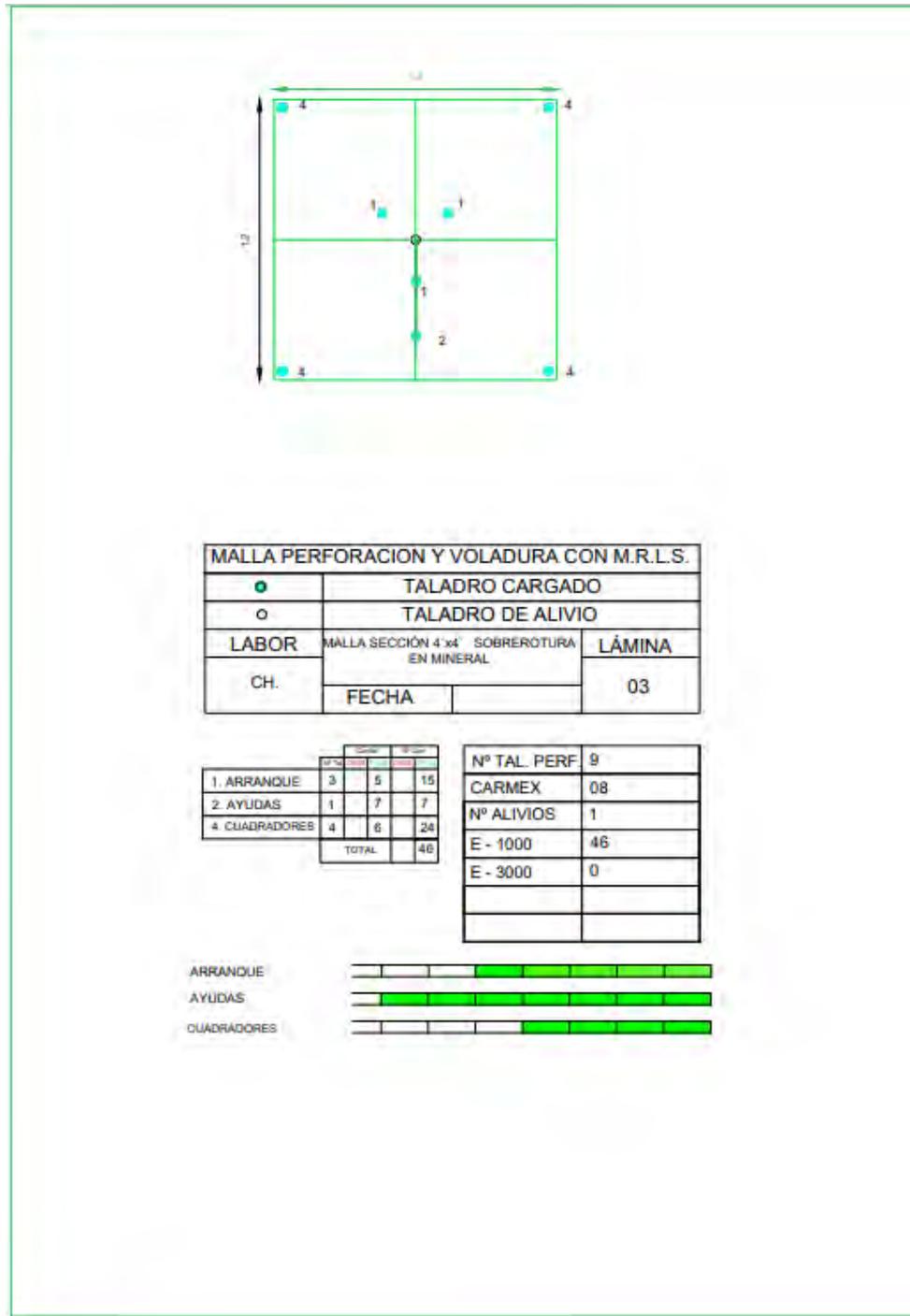
Figura N° 19 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4'x4' (Sobrerotura en Desmonte)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener sobrerotura óptima en sección 4x4 en desmonte

Figura N° 20 Malla Perforación y Voladura con M.R.L.S. Sección 4´x4´(Sobrerotura en Mineral)



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Malla de Perforación y Voladura generada con el MRLS para obtener sobrerotura optima en sección 4x4 en mineral

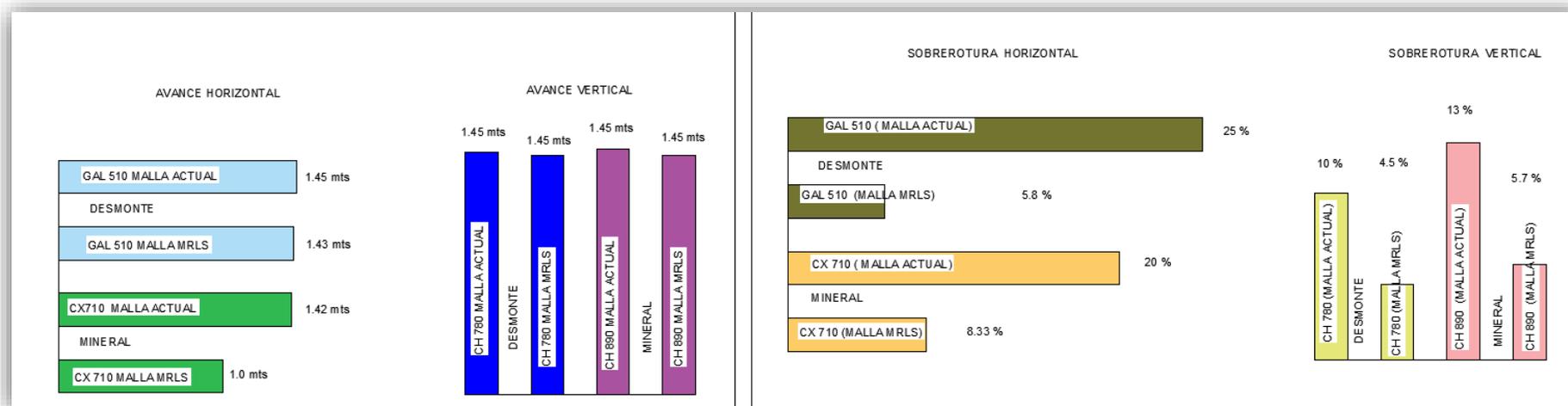
El siguiente cuadro es el resumen de los avances y sobrerotura obtenidos con MRLS, en la figura se observa la comparativa de avances y sobrerotura

Cuadro N° 57 Resumen Avance y Sobrerotura con MRLS

Labor	Avance (mts.)		Sobrerotura (%)		Diferencia Avance (mts.)	Diferencia Sobrerotura (%)
	Actual	MRLS	Actual	MRLS		
Gal 510 (DESMONTE)	1.45	1.43	25	5.8	0.02	19.2
Cx 710(MINERAL)	1.42	1	20	8.33	0.42	11.67
Ch780(DESMONTE)	1.46	1.44	10	4.5	0.02	5.5
Ch 890(MINERAL)	1.48	1.44	13	5.7	0.04	7.3

Fuente: Análisis Propio (2019)

Figura N° 21 Comparativa Avance y Sobrerotura con MRLS



Fuente: Análisis Propio (2019)

4.3.4.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.).

Para aplicar el M.R.L.M. se tomaran como variables “Y= avance y sobrerotura” y como variables “X=N°taladros, Carmex, Explosivos y R.M.R.). los valores de sobrerotura y avance ya quedan definidos, para el caso de N° de taladros se consideraran taladros cargados y alivios tanto en corona y arranque.

4.3.4.1.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material mineral para Galerías caso Avance y Sobrerotura

Para el caso de Carmex se considerara los taladros cargados ya que el Carmex es el sistema de iniciación que se utiliza.

Para el caso de explosivos o columna explosiva o tambien conocida como columna de carga se ha de utilizar explosivos E-1000, aunque se usan otros explosivos estos no se han tomado en cuenta para el caso de esta regresión asi tambien no se han considerado los casos de iniciacion con fanel y cordon detonante.

Para el caso de R.M.R. se ha considera este valor ya que es determinante para el caso de regresión con el M.R.L.S. porque la calidad de roca es determinante aunque para nuestro caso de estudio se ha hecho la diferenciación tanto en desmonte como en mineral.

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones obtenidas en avance tanto en material desmonte y mineral para labores de sección 6´x6´.

Cuadro N° 58 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Avance y Sobrerotura) en secciones 6x6 en material mineral

Mineral 6x6	Ecuación
	$y=B_0 +B_1 X_1 +B_2 X_2 +B_3 X_3 +B_4 X_4 +B_5 X_5 +B_6 X_6 +B_7 X_7 +B_8 X_8$
avance	$y=1.4236+0.0149X_1 +0.0003X_2 -0.003151X_7 -0.00138X_8$
sobrerotur a	$y=20.481+3.2275X_1 +0.0004X_2 -0.72833X_7 +0.07511X_8$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota:Las ecuaciones anteriores son la correlación obtenida con MRLM entre varias variables como son explosivo, N° taladros y RMR para sección 6x6 en base al avance

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de avance en labores de 6'x6' en material mineral.

Cuadro N° 59 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 6'x6' en material mineral

	M.R.L.M.
Avance en Mineral 6'x6' (mts)	1.5209
N° Taladros (und)	30
Carmex (und)	24
E1000 (cart)	92
RMR	28

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener un avance optimo 1.52 metros, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 28 o aproximados

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de sobrerotura en labores de 6'x6' en material mineral.

Cuadro N° 60 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 6'x6' en material mineral

	M.R.L.M.
Sobrerotura en Mineral 6'x6' (%)	0.39138
N° Taladros (und)	36
Carmex (und)	30
E1000 (cart)	190
RMR	28

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener una sobrerotura optima 0%, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 28 o aproximados

4.3.4.2.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material desmonte para Galerías caso Avance y Sobrerotura

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones obtenidas en sobrerotura tanto en material desmonte y mineral para labores de sección 6´x6´.

Cuadro N° 61 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Sobrerotura y Avance) en secciones 6´x6´ en material desmonte

Desmonte 6x6	Ecuacion
	$y=B_0 +B_1 X_1 +B_2 X_2 +B_3 X_3 +B_4 X_4 +B_5 X_5 +B_6 X_6 +B_7 X_7 + B_8 X_8$
Avance	$y=1.4760+0.000542X_1 -0.000442X_2 +0.00107X_7 -0.0262X_8$
Sobrerotura	$y=13.395-0.0143X_1 +0.1116X_2 -0.0123X_7 -0.1758X_8$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: Las ecuaciones anteriores son la correlación obtenida con MRLM entre varias variables como son explosivo, N° taladros y RMR para sección 6x6 en base a la sobrerotura

Para generar las mallas se ha considerado un valor aproximado a 1.524 en avance y en sobrerotura un aproximado a 0%.

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de avance en labores de 6´x6´ en material desmonte.

Cuadro N° 62 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 6´x6´ en material desmonte.

	M.R.L.M.
Avance en Desmonte 6´x6´ (mts.)	1.5202
N° Taladros (und)	36
Carmex (und)	30
E1000 (cart)	202
RMR	68

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener un avance óptimo 1.52 metros, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 68 o aproximados

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de sobrerotura en labores de 6´x6´ en material desmonte.

Cuadro N° 63 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 6´x6´ en material desmonte

	M.R.L.M.
Sobrerotura en Desmonte 6´x6´ (%)	0.0033
N° Taladros (und)	36
Carmex (und)	30
E1000 (cart.)	76
RMR	68

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener una sobrerotura óptima 0%, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 68 o aproximados

4.3.4.3.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material mineral para Chimeneas caso Avance y Sobrerotura

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones obtenidas en avance tanto en material desmonte y mineral para chimeneas de sección 4´x4´.

Cuadro N° 64 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Avance y sobrerotura) en secciones 4´x4´ en material mineral

Mineral 4x4	Ecuacion
	$y=B_0 +B_1 X_1 +B_2 X_2 +B_3 X_3 +B_4 X_4 +B_5 X_5 +B_6 X_6 +B_7 X_7 +B_8 X_8$
Avance	$y=1.5183-0.01765X_1 +0.1534X_2 +0.01001X_7 -0.0665X_8$
Sobrerotur a	$y=70.2425+0.3413X_1 -0.8232X_2 +0.24709X_7 -2.3675X_8$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota:Las ecuaciones anteriores son la correlación obtenida con MRLM entre varias variables como son explosivo, N° taladros y RMR para sección 4x4 en base al avance

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de avance en chimeneas de 4´x4´ en material mineral.

Cuadro N° 65 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 4´x4´ en material mineral

	M.R.L.M.
Avance en Mineral 4´x4´ (mts)	1.525
N° Taladros (und)	16
Carmex (und)	13
E1000 (cart)	60
RMR	30

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener un avance óptimo 1.52 metros, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 30 o aproximados

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de sobrerotura en chimeneas de 4´x4´ en material mineral.

Cuadro N° 66 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 4´x4´ en material mineral

	M.R.L.M.
Sobrerotura en Mineral 4´x4´(%)	0.154
N° Taladros (und)	16
Carmex (und)	13
E1000 (cart)	28
RMR	30

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener una sobrerotura óptima de 0%, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 30 o aproximados

Para el caso de la regresión con el M.R.L.M. determinar valores exactos no se podrían dar ya que el caso que se tiene son ecuaciones lineales con varias variables, para encontrar una solución lo que se puede hacer es tabular los diferentes valores de “X”pero tomando en cuenta varios factores como son:

- El número máximo de taladros que se pueden realizar en el frente
- El número máximo de cartuchos por taladro que es como máximo 7 cartuchos por ser taladros de 1.524 metros
- El valor de R.M.R. es un valor determinante ya que es el único valor que se puede conseguir, para nuestro caso hemos considerado un R.M.R. promedio para material desmonte y mineral.

4.3.4.4.- Diseño de perforación y voladura con el método de regresión lineal múltiple (M.R.L.M.). en material desmonte para Chimeneas caso Avance y Sobrerotura

El siguiente cuadro muestra las ecuaciones obtenidas en sobrerotura tanto en material desmonte y mineral para chimeneas de sección 4'x4'.

Cuadro N° 67 Ecuaciones con M.R.L.M. (Y=Avance y Sobrerotura) en secciones 4'x4' en material desmonte

Desmonte 4x4	Ecuación
	$y=B_0 +B_1 X_1 +B_2 X_2 +B_3 X_3 +B_4 X_4 +B_5 X_5 +B_6 X_6 +B_7 X_7 + B_8 X_8$
Avance	$y=1.1163+0.00125X_1 +0.00684X_2 +0.00059X_7 +0.00308X_8$
Sobrerotura	$y=6.9354-0.0377X_1 -0.167X_2 -0.0507X_7 -0.0934X_8$

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota:Las ecuaciones anteriores son la correlación obtenida con MRLM entre varias variables como son explosivo, N° taladros y RMR para sección 4x4 en base a la sobrerotura

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de avance en chimeneas de 4'x4' en material desmonte.

Cuadro N° 68 Resultados con M.R.L.M. (Y= Avance) de sección 4'x4' en material desmonte

	M.R.L.M.
Avance en Desmonte 4'x4' (mts)	1.52
N° Taladros (und)	19
Carmex (und)	16
E1000 (cart)	110
RMR	67

Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente cuadro se tiene la propuesta de malla con el M.R.L.M. para el caso de sobrerotura en chimeneas de 4'x4' en material desmante.

Cuadro N° 69 Resultados con M.R.L.M. (Y= Sobrerotura) de sección 4'x4' en material desmante

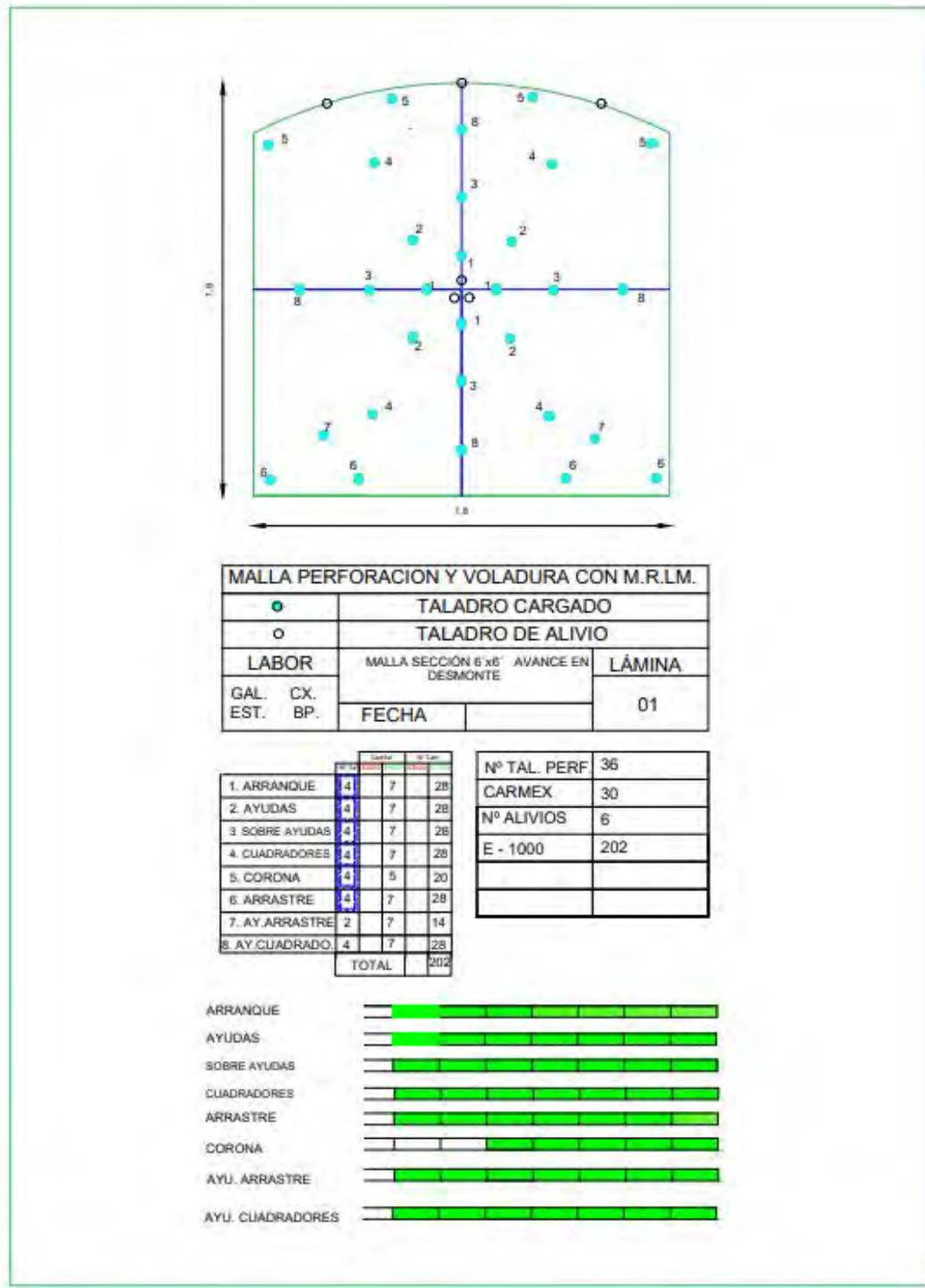
	M.R.L.M.
Sobrerotura en Desmante 4'x4' (%)	0.03012
N° Taladros (und)	16
Carmex (und)	13
E1000 (cart)	44
RMR	67

Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: los resultados obtenidos para N° taladros, Carmex y E100 son para obtener una sobrerotura óptima de 0%, hay que considerar que solo se podrá dar en casos donde el RMR sea de 67 o aproximados

Como se ha observado en las propuestas anteriores determinar un valor único para las variables “X” es de dificultad ya que es variable incluso los valores de “X” hacen variar a los variable de “Y”, para determinar un malla adecuada lo único que se podra hacer es realizar una aproximación aplicando las mallas en casos reales, para ellos se han realizado diferentes voladuras como se detalla en la siguiente parte.

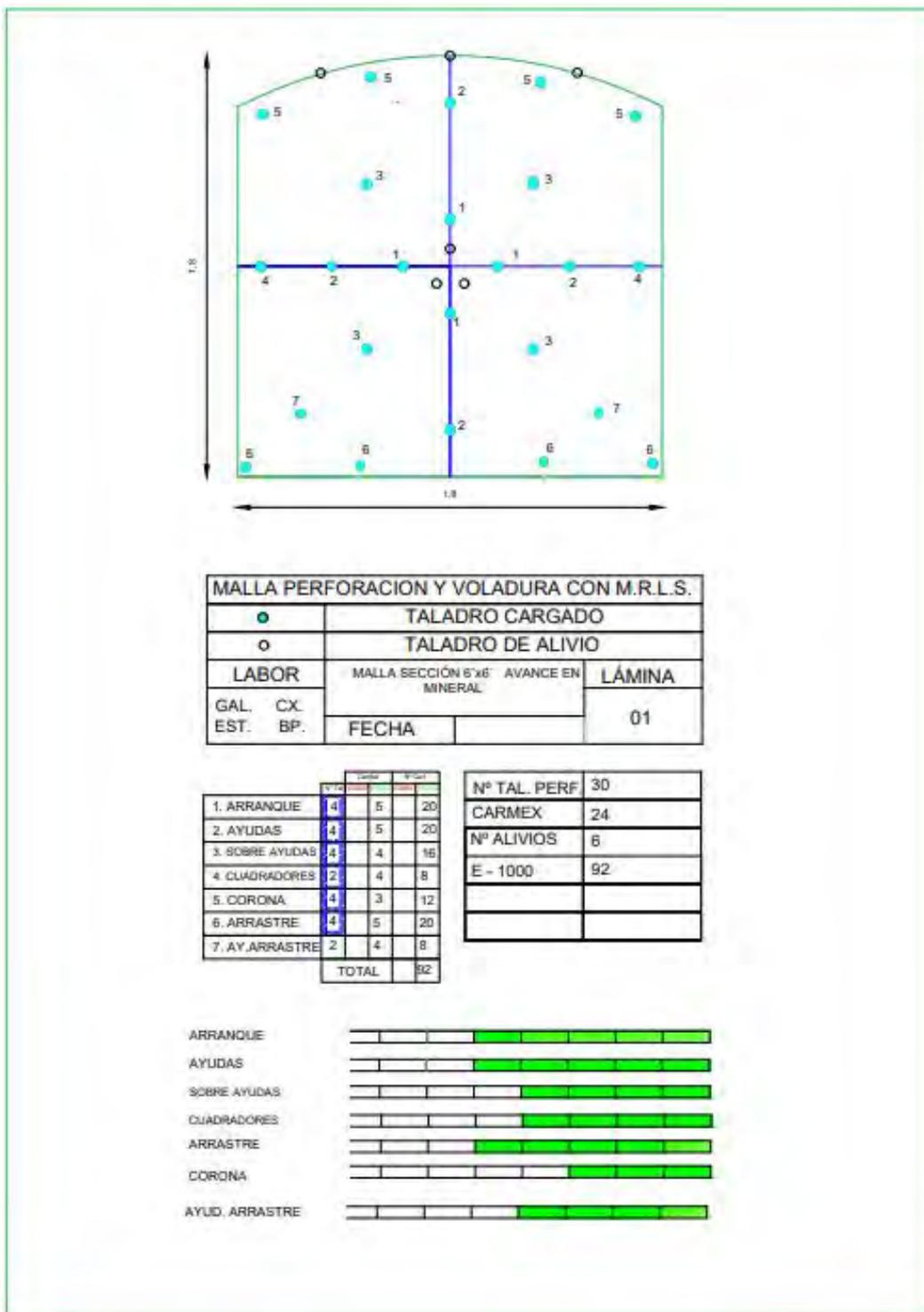
Figura N° 22 Malla con el M.R.L.M. (Y=avance) en sección 6'x6' en material desmonte



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener un avance óptimo en sección 6x6 RMR de 68

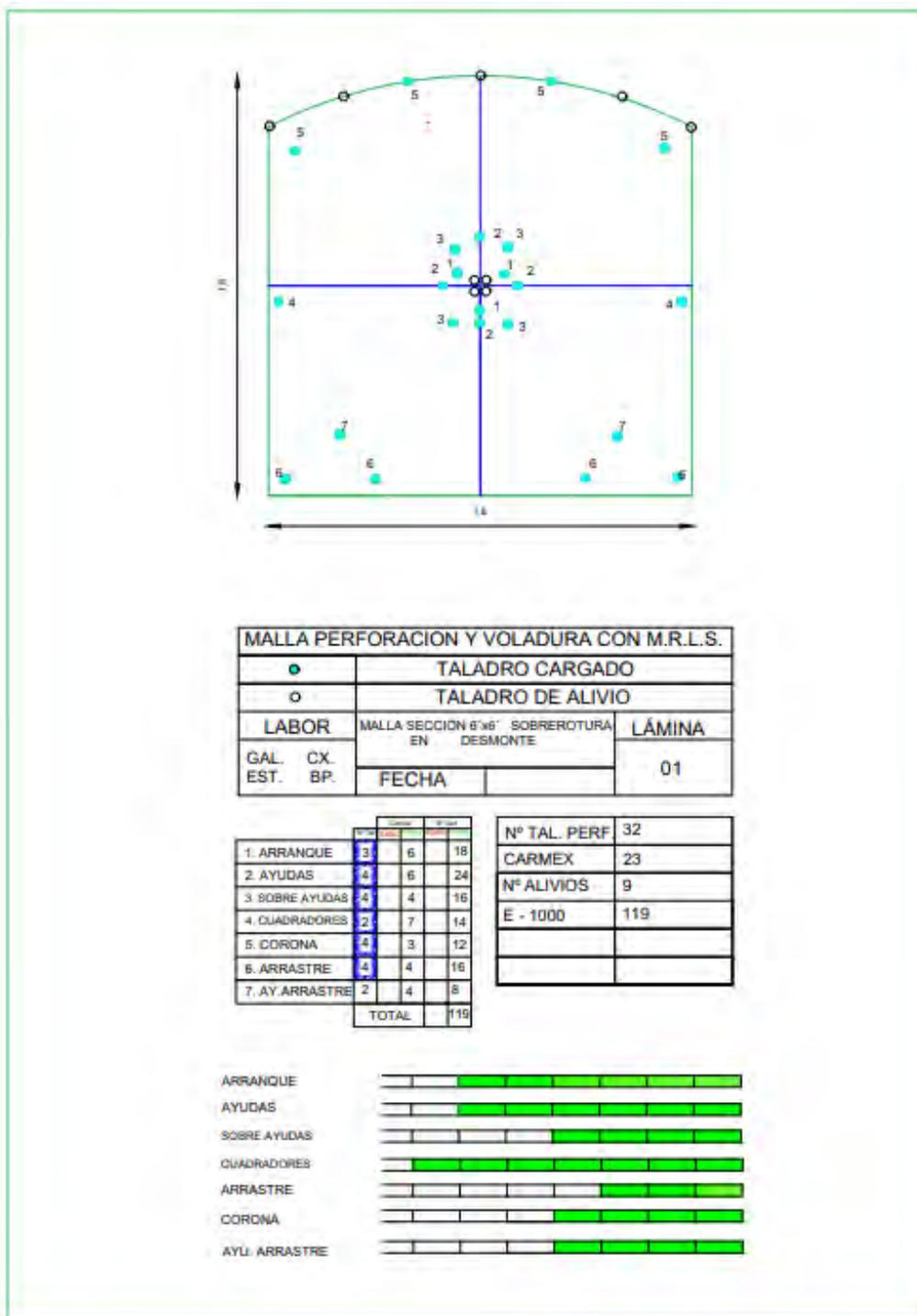
Figura N° 23 Malla con el M.R.L.M. (Y=avance) en sección 6'x6' en material mineral



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener un avance óptimo en sección 6x6 RMR de 28

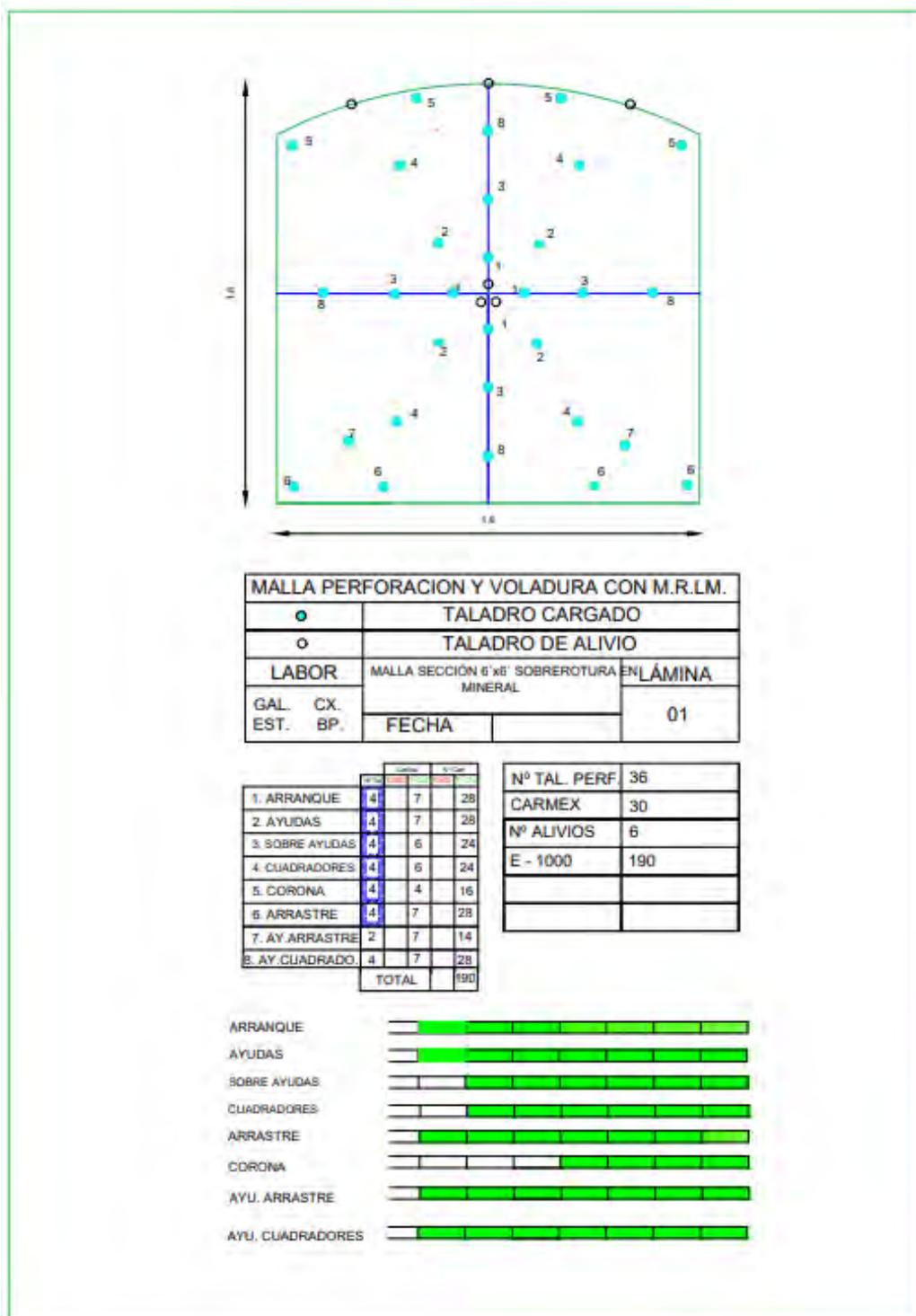
Figura N° 24 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 6'x6' en material desmonte



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener una sobrerotura optima en sección 6x6 RMR de 68

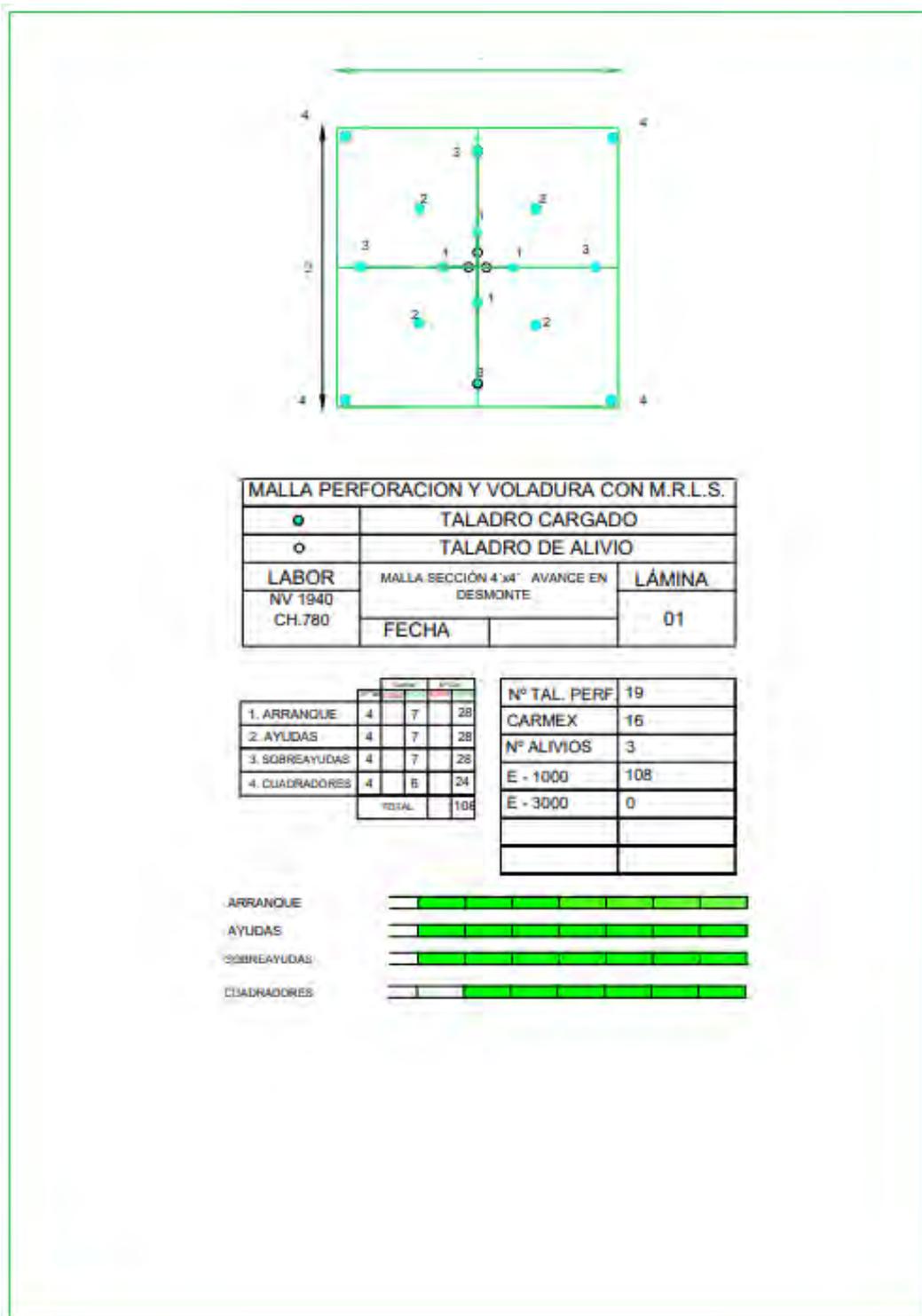
Figura N° 25 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 6'x6' en material mineral



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener una sobrerotura optima en sección 6x6 RMR de 28

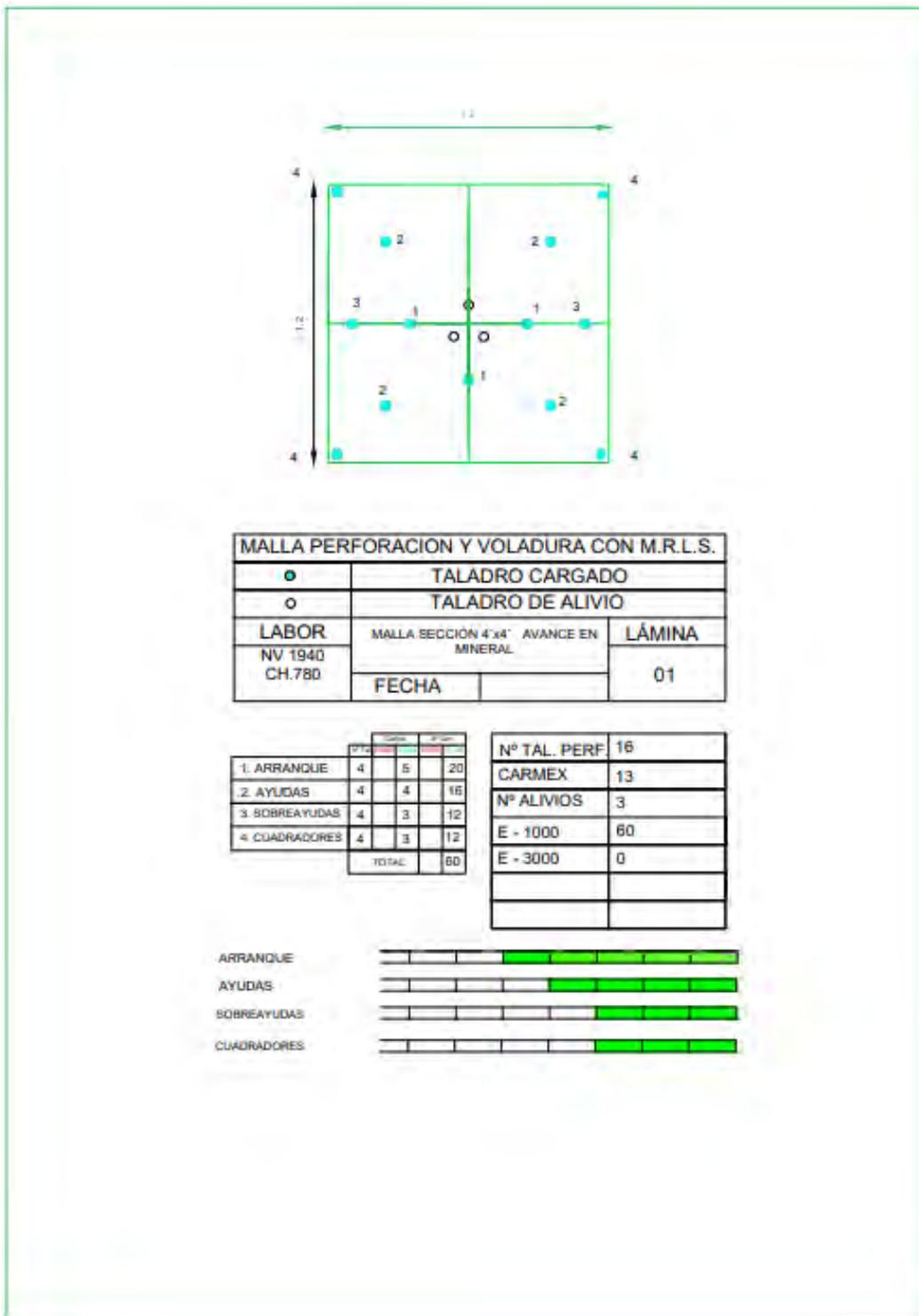
Figura N° 26 Malla con el M.R.L.M. (Y=Avance) en sección 4'x4' en material desmonte



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener un avance óptimo en sección 4x4 RMR de 67

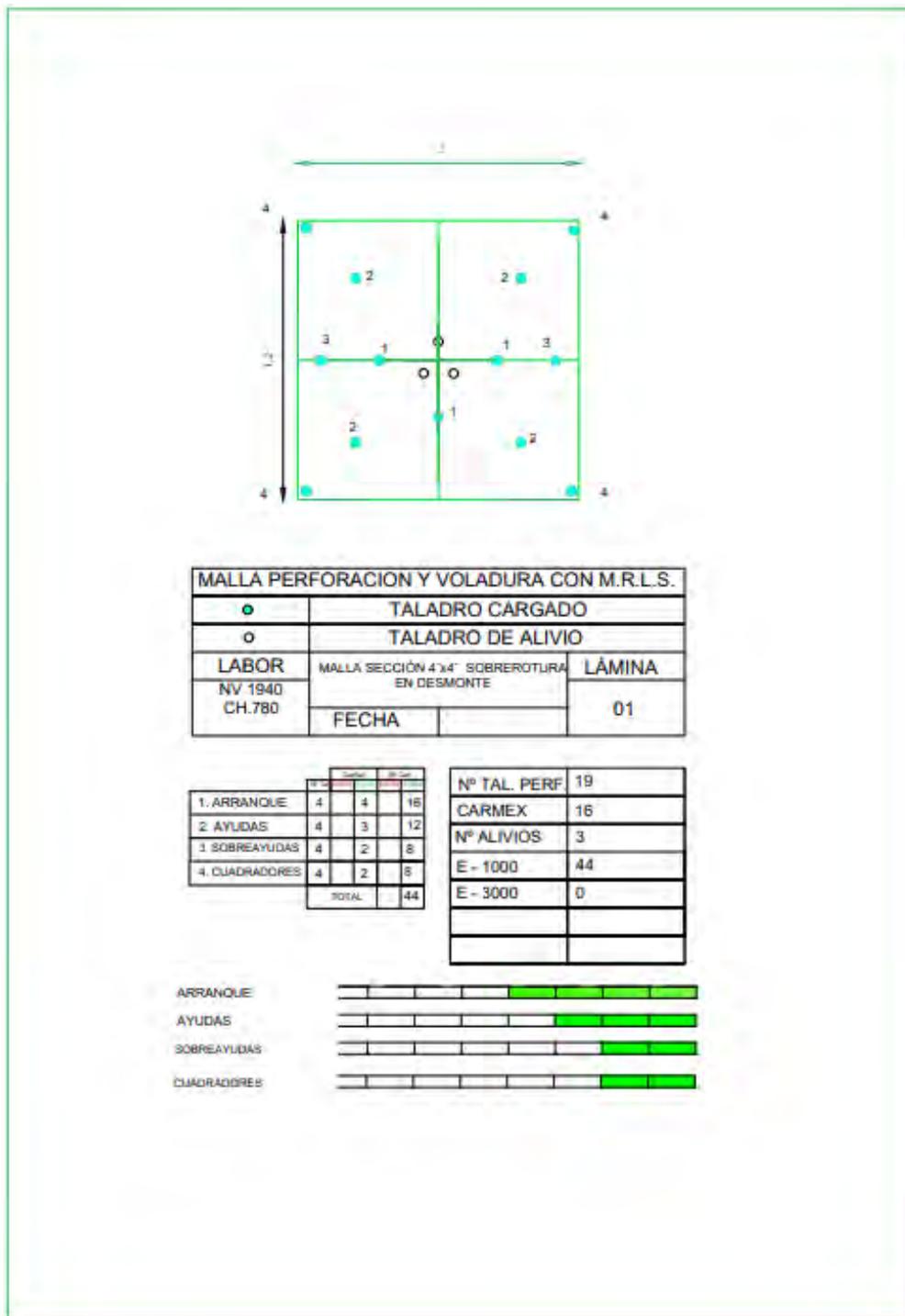
Figura N° 27 Malla con el M.R.L.M. (Y=Avance) en sección 4'x4' en material mineral



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener un avance óptimo en sección 4x4 RMR de 27

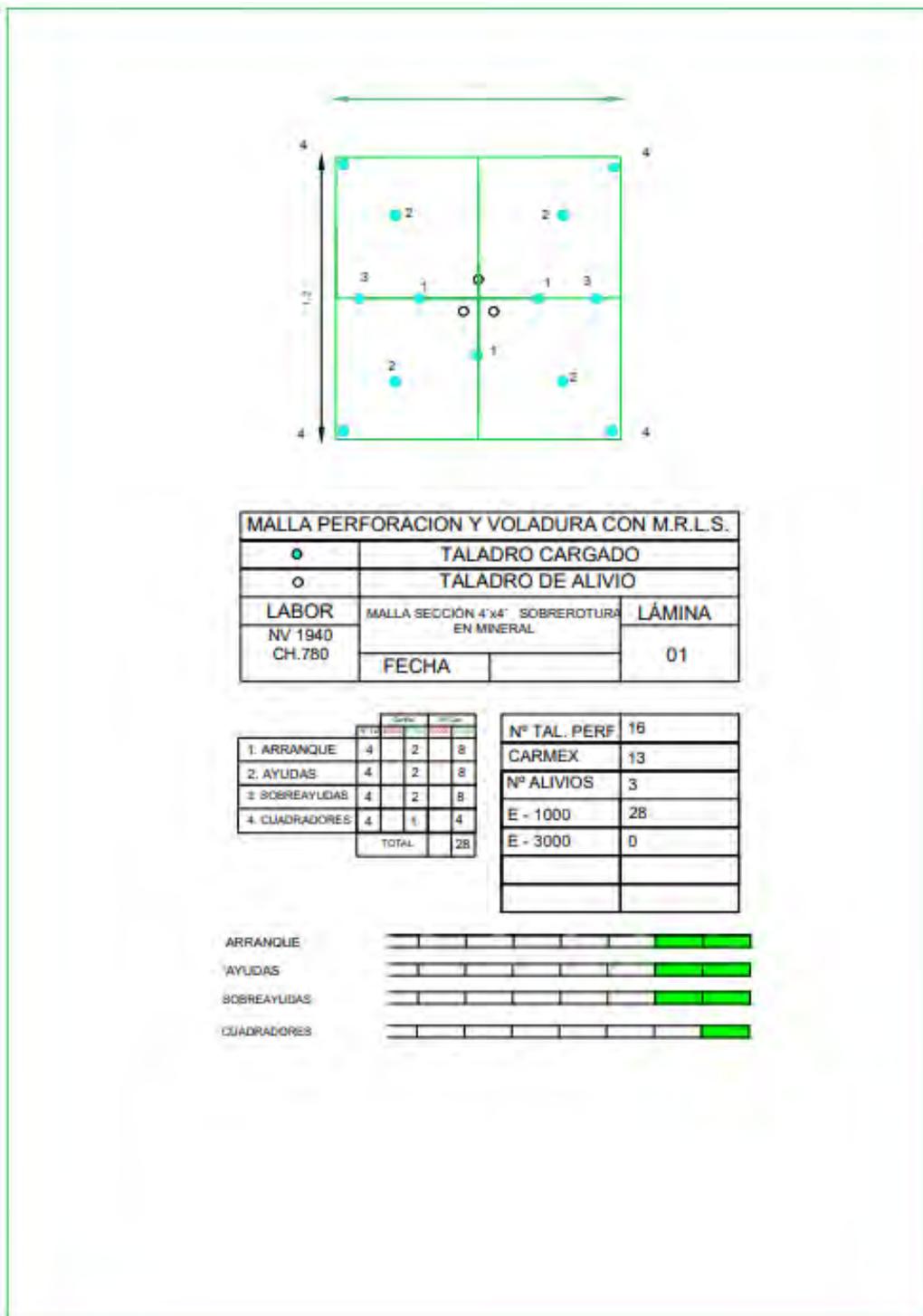
Figura N° 28 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 4'x4' en material desmonte



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener un avance óptimo en sección 4x4 RMR de 67

Figura N° 29 Malla con el M.R.L.M. (Y=Sobrerotura) en sección 4'x4' en material mineral



Fuente: Análisis Propio (2019)

Nota: La malla de Perforacion y Voladura se ha realizado con el MRLM para obtener un avance optimo en sección 4x4 RMR de 27

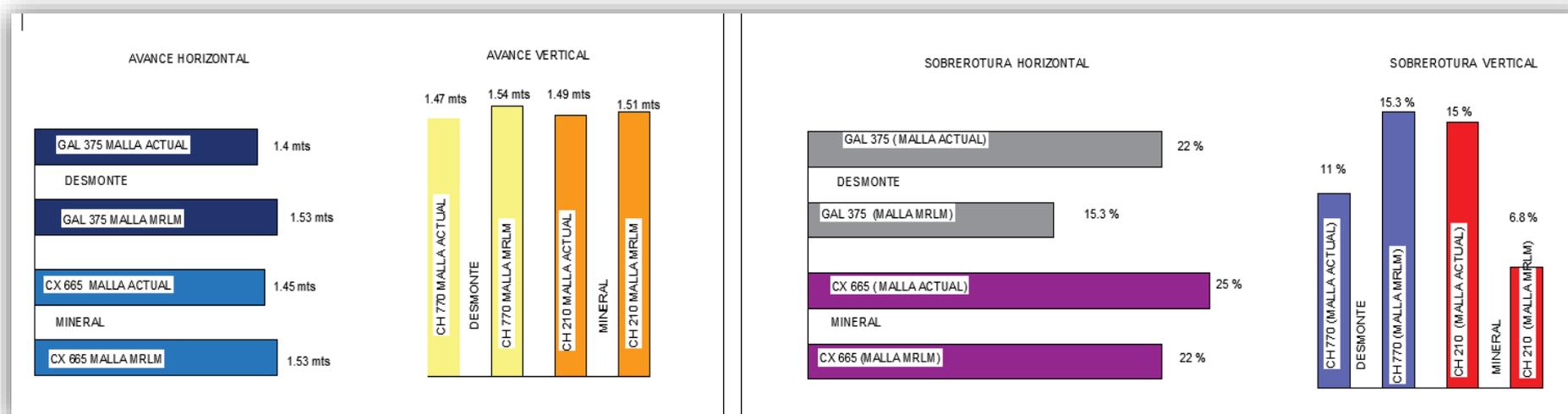
El siguiente cuadro es el resumen de los avances y sobrerotura obtenidos con MRLM, en la figura se observa la comparativa de avances y sobrerotura

Cuadro N° 70 Resumen Avance y Sobrerotura con MRLM

Labor	Avance (mts)		Sobrerotura (%)		Diferencia Avance (mts.)	Diferencia Sobrerotura (%)
	Actual	MRLM	Actual	MRLM		
Gal 375	1.4	1.53	22	15.3	0.13	6.7
Cx 665	1.45	1.53	25	22	0.08	3
Ch 770	1.47	1.54	11	15.6	0.07	4.6
Ch 210	1.49	1.51	15	6.8	0.02	8.2

Fuente: Análisis Propio (2019)

Figura N° 30 Comparativa Avance y Sobrerotura con MRLM



Fuente: Análisis Propio (2019)

4.4.- Aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura para controlar el avance y la sobrerotura en la mina

Las mallas de perforación y voladura diseñadas en base al método de regresión lineal han sido aplicadas en la mina, en diferentes labores así también se ha aprovechado la construcción de estocadas en las mismas labores para realizar las pruebas, las pruebas se han realizado en labores con sección de 6 pies x 6 pies y de 4 pies x 4 pies estas últimas secciones son chimeneas de un compartimiento de sección cuadrada.

Para la aplicación de las mallas con M.R.L.S. en secciones de 6'x6' en material desmonte se ha hecho las pruebas en Galería 510 (Gal 510) tanto para determinar como es el comportamiento tanto para el avance y sobrerotura, en la siguiente fotografía se muestra la aplicación con M.R.L.S.

Fotografía N° 3 Aplicación del M.R.L.S. en Gal 510 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material desmonte



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

En el Crucero 710 (Cx 710), se ha realizado las pruebas para avance y sobrerotura como se muestra en la siguiente fotografía, la aplicación es con el M.R.L.S. se ha realizado estas pruebas en material mineral.

Fotografía N° 4 Aplicación del M.R.L.S. en Cx 710 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material mineral



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

La aplicación del M.R.L.M. se ha realizado en la Galería 375 (Gal 375), para avance y sobrerotura en material desmonte de sección 6'x6'.

Fotografía N° 5 Aplicación del M.R.L.M. en Gal 375 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material desmonte



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

La aplicación del M.R.L.M. se ha realizado en el Crucero 665 (Cx 665), para avance y sobrerotura en material mineral de sección 6'x6'.

Fotografía N° 6 Aplicación del M.R.L.M. en Cx665 (6'x6)' para avance y sobrerotura en material mineral



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

La aplicación del M.R.L.S. de sección 4'x4' se ha realizado en chimeneas de un solo comportamiento, para el caso de material desmonte se ha utilizado la Chimenea 780 (Ch 780) así como se muestra en la siguiente fotografía.

Fotografía N° 7 Aplicación del M.R.L.S. en Ch.780 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material desmonte



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

Para el caso de material mineral se ha utilizado la Chimenea 890 (Ch. 890) tanto para el avance y sobrerotura como se muestra en la siguiente fotografía.

Fotografía N° 8 Aplicación del M.R.L.S. en Ch.890 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material mineral



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

Las pruebas para el caso de M.R.L.M. en material desmonte en secciones 4'x4' se han realizado en la Chimenea 770 (Ch. 770), así como se muestra en la siguiente fotografía.

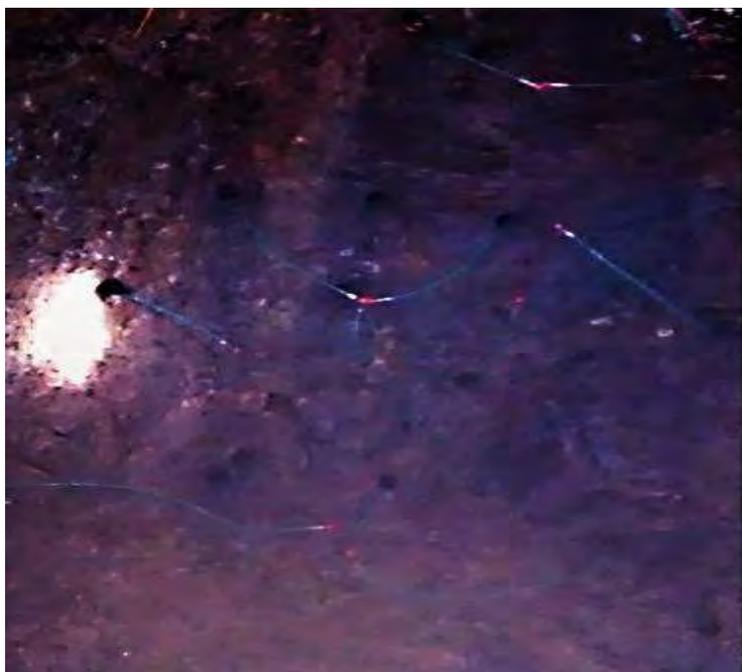
Fotografía N° 9 Aplicación del M.R.L.M. en Ch.770 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material desmonte



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

Las pruebas para el caso de M.R.L.M. en material mineral en secciones 4'x4' se han realizado en la Chimenea 210 (Ch. 210), así como se muestra en la siguiente fotografía.

Fotografía N° 10 Aplicación del M.R.L.M. en Ch.210 (4'x4)' para avance y sobrerotura en material mineral



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE MEJORA EN LAS OPERACIONES DE PERFORACION Y VOLADURA

5.1.- Resultados de la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura en la mina con el método de regresión lineal

Una vez diseñadas las nuevas mallas de perforación y voladura se ha procedido a realizar la aplicación en las diferentes labores de la mina para comprobar su desempeño y si pueden llegar a cumplir con los objetivos planteados.

5.1.1.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el método de regresión lineal simple (M.R.L.S.) para Gal 510 y Cx 710

Luego de realizar los diferentes disparos se registraron los resultados tanto para avance como para sobrerotura, estos resultados determinaran si es posible el uso de las diferentes mallas propuestas.

En el siguiente cuadro se muestra los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.S. en secciones de 6'x6' en material desmonte para el caso de avance, los resultados muestran que durante los cinco días que se hicieron las pruebas no se encontraron ningún tipo de fallo en los disparos, además no se registran ningún tipo de caso de desquince o taqueamiento , por lo tanto se puede asumir que los resultados de esta malla de perforación son positivos y podrían ser parte del estándar que se desea tener.

Cuadro N° 71 Resultados Gal 510 con M.R.L.S. "Y=Avance" (6'x6') en material desmante

LABOR	GAL 510			
SECCION	6X6			
METODO	MRLS			
MATERIAL	DESMONT E			
VARIABLE"Y "	AVANCE			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTUR A %	OBSERVACIO N
1/01/2019	DIA	1.4	5	OK
1/01/2019	NOCHE	1.45	6	OK
2/01/2019	DIA	1.42	6	OK
2/01/2019	NOCHE	1.47	7	OK
3/01/2019	DIA	1.45	5	OK
3/01/2019	NOCHE	1.46	7	OK
4/01/2019	DIA	1.4	6	OK
4/01/2019	NOCHE	1.43	5	OK
5/01/2019	DIA	1.44	6	OK
5/01/2019	NOCHE	1.42	5	OK
	Promedio	1.434	5.8	

Fuente: Observación Propia (2019)

Los resultados de la Gal 510 con el método de M.R.L.S. dan en promedio un avance de 1.434 metros mientras que la sobrerotura es 5.8% lo que nos indica que no se ha llegado a la meta de 1.524 metros el porcentaje de sobrerotura si entra en los límites < 12% .

El siguiente cuadro muestra los resultados de los disparos con la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.S. para secciones 6'x6' en material mineral para el caso de avance. Los disparos se realizaron en estocadas dispuestas en el cruce

Cuadro N° 72 Resultados Cx 710 con M.R.L.S."Y=Avance" (6'x6') en material mineral

LABOR	CX 710	ESTOCADA		
SECCION	6X6			
METODO	MRLS			
MATERIAL	MINERAL			
VARIABLE" Y"	AVANCE			
FECHA	GUARDIA	AVANCE	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
6/01/2019	DIA	0.9	5	DESQUINCH E
6/01/2019	NOCHE	1	10	DESQUINCH E
7/01/2019	DIA	1.1	10	DESQUINCH E
	Promedio	1	8.33	

Fuente: Observación Propia (2019)

Los resultados en el Cx 710 demuestran que en promedio se logro un avance de 1 metro y sobrerotura de 8.33%, en todos los casos siempre se presento desquinche y se realizo la voladura secundaria respectiva.

Los resultados en las labores horizontales con M.R.L.S. no son del todo favorables, estos resultados, que dependen mayormente de la correlación de un solo valor tanto distancia entre taladros como columna de carga hacen que los resultados varíen, la tendencia en la correlacion genera resultados no optimos para avance y sobrerotura, lo que demuestra hasta el momento que el M.R.L.S. genera bastante error.

La siguiente fotografia muestra un disparo fallado en Cx 710 (Estocada) con M.R.L.S. en material mineral caso de avance, se realizó desquinche en uno de los hastiales.

Fotografía N° 11 Disparo fallado (Desquinche) en Cx 710 (Estocada)



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de los disparos con malla de perforación y voladura realizada con M.R.L.S. en sección 6'x6' para Galería 510 (Estocada) en material desmante para el caso de sobrerotura, como se observa los resultados dan en promedio de avance 1.1 metros y sobrerotura 8.33 además presenta casos de desquinche.

**Cuadro N° 73 Resultados Gal 510 (Estocada) con M.R.L.S."Y=Sobrerotura"
(6'x6') en material desmante**

LABOR	GAL 510	ESTOCADA		
SECCION	6X6			
METODO	MRLS			
MATERIAL	DESMONTE			
VARIABLE "Y"	SOBREROTU RA	AVANCE	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
8/01/2019	DIA	1.2	8	DESQUINCH E
8/01/2019	NOCHE	1	9	DESQUINCH E
9/01/2019	DIA	1.1	8	DESQUINCH E
	Promedio	1.1	8.33	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Gal 510 (Estocada) con M.R.L.S. en material desmorte caso de sobrerotura, se realizó desquinche en la corona.

Fotografía N° 12 Disparo fallado (Desquinche) en Gal 510 (Estocada)



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de los disparos con malla de perforación y voladura realizada con M.R.L.S. en sección 6'x6' para Crucero 710 (Estocada) en material mineral para el caso de sobrerotura, como se observa los resultados dan en promedio de avance 0.93 metros y sobrerotura 5.6% además presenta casos de desquinche.

Los resultados en cuanto a sobrerotura tampoco son favorables, es cierto que se puede disminuir la sobrerotura pero también disminuye el avance lo cual no es algo bueno para nosotros, la tendencia que genera el M.R.L.S. genera que la distancia entre taladros se acorte y se concentren en el centro de la sección evitando que se dañe la corona. En la mayoría de los casos se ha preferido realizar estas pruebas en estocadas ya que no representan un daño significativo a la operación.

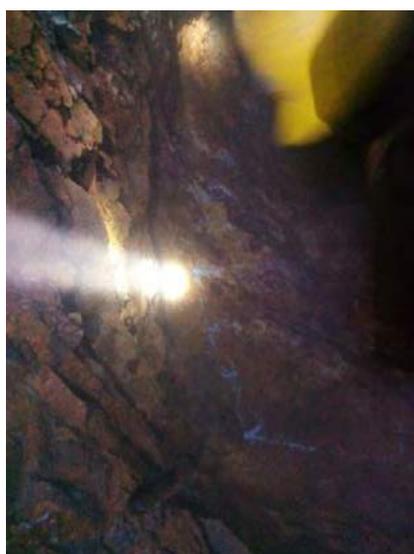
**Cuadro N° 74 Resultados Cx 710 (Estocada) con M.R.L.S.”Y=Sobrerotura” (6’x6’)
en material mineral**

LABOR	CX 710	ESTOCAD A		
SECCION	6X6			
METODO	MRLS			
MATERIA L	MINERAL			
VARIABLE E "Y"	SOBREROTUR A			
FECHA	GUARDIA	AVANCE	SOBREROTUR A %	OBSERVACION
10/01/2019	DIA	0.9	5	DESQUINCHE
10/01/2019	NOCHE	1	7	DESQUINCHE
11/01/2019	DIA	0.9	5	DESQUINCHE
	Promedio	0.93	5.6	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Cx 710 (Estocada) con M.R.L.S. en material mineral caso de sobrerotura se realizó desquinche en uno de los hastiales.

Fotografía N° 13 Disparo fallado (Desquinche) en Cx 710 (Estocada)



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

5.1.2.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el método de regresión lineal simple (M.R.L.S.) para Ch 780 y Ch 890

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de los disparos con malla de perforación y voladura realizada con M.R.L.S. en sección 4'x4' para Chimenea 780 en material desmante para el caso de avance, como se observa los resultados dan en promedio de avance 1.44 metros y sobrerotura 4.5 %, no presenta ningún caso de disparo fallido o desquinche

Cuadro N° 75 Resultados Ch780 con M.R.L.S."Y=Avance" (4'x4') en material desmante

LABOR	CH 780			
SECCION	4X4			
METODO	MRLS			
MATERIAL	DESMONT E			
VARIABLE"Y "	AVANCE			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTUR A	OBSERVACIO N
12/01/2019	DIA	1.45	5	OK
12/01/2019	NOCHE	1.47	4	OK
13/01/2019	DIA	1.44	6	OK
13/01/2019	NOCHE	1.42	3	OK
14/01/2019	DIA	1.4	3	OK
14/01/2019	NOCHE	1.45	5	OK
15/01/2019	DIA	1.46	5	OK
15/01/2019	NOCHE	1.46	5	OK
16/01/2019	DIA	1.47	6	OK
16/01/2019	NOCHE	1.42	3	OK
	Promedio	1.44	4.5	

Fuente: Observación Propia (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de los disparos con malla de perforación y voladura realizada con M.R.L.S. en sección 4'x4' para Chimenea 890 en material mineral para el caso de avance, como se observa los resultados dan en promedio de avance 1.44 metros y sobrerotura 5.7 %,

Cuadro N° 76 Resultados Ch890 con M.R.L.S."Y=Avance" (4'x4') en material mineral

LABOR	CH 890			
SECCION	4X4			
METODO	MRLS			
MATERIAL	MINERA L			
VARIABLE"Y "	AVANCE			
FECHA	GUARDI A	AVANCE	SOBREROTUR A %	OBSERVACIO N
17/01/2019	DIA	1.42	5	OK
17/01/2019	NOCHE	1.44	6	OK
18/01/2019	DIA	1.45	6	OK
18/01/2019	NOCHE	1.47	7	OK
19/01/2019	DIA	1.46	7	OK
19/01/2019	NOCHE	1.44	6	OK
20/01/2019	DIA	1.43	5	OK
20/01/2019	NOCHE	1.41	4	OK
21/01/2019	DIA	1.42	5	OK
21/01/2019	NOCHE	1.44	6	OK
		1.44	5.7	

Fuente: Observación Propia (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de los disparos con malla de perforación y voladura realizada con M.R.L.S. en sección 4'x4' para Chimenea 780 en material desmonte para el caso de sobrerotura, como se observa los resultados dan en promedio de avance 1.42 metros y sobrerotura 10 %, en los resultados se observan casos de desquinche.

Cuadro N° 77 Resultados Ch780 con M.R.L.S."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material desmante

LABOR	CH 780			
SECCION	4X4			
METODO	MRLS			
MATERIAL	DESMONTE			
VARIABLE" Y"	SOBREROTU RA			
FECHA	GUARDIA	AVANC E	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
22/01/2019	DIA	1.4	12	DESQUINCH E
22/01/2019	NOCHE	1.42	10	DESQUINCH E
23/01/2019	DIA	1.44	8	DESQUINCH E
	Promedio	1.42	10	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Ch 780 con M.R.L.S. en material desmante caso de sobrerotura, se realizó desquinche en los cuadradores.

Fotografía N° 14 Disparo fallado (Desquinche) en Ch 780



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de los disparos con malla de perforación y voladura realizada con M.R.L.S. en sección 4'x4' para Chimenea 890 en material mineral para el caso de sobrerotura, como se observa los resultados dan en promedio de avance 1.42 metros y sobrerotura 10 %, se observan casos de desquinche.

Cuadro N° 78 Resultados Ch890 con M.R.L.S."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material mineral

LABOR	CH 890			
SECCION	4X4			
METODO	MRLS			
MATERIAL	MINERAL			
VARIABLE" Y"	SOBREROTURA			
FECHA	GUARDIA	AVANCE	SOBREROTURA %	OBSERVACION
24/01/2019	DIA	1.42	10	DESQUINCHE
24/01/2019	NOCHE	1.45	8	DESQUINCHE
25/01/2019	DIA	1.4	12	DESQUINCHE
	Promedio	1.42	10	

Fuente: Observación Propia (2019)

Al igual que en las labores horizontales el M.R.L.S. genera errores, esto debido a la tendencia de la correlacion que obliga a disminuir la distancia entre taladros y también disminuir las cargas en las columnas de carga.

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Ch 890 con M.R.L.S. en material mineral caso de sobrerotura , se realizó desquinche en uno de los cuadradores.

Fotografía N° 15 Disparo fallado (Desquinche) en Ch 890



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

5.1.3.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el metodo de regresión lineal multiple (M.R.L.M) para Gal 375 y Cx 665

Los siguientes cuadros corresponde a los resultados de avance y sobrerotura para el caso de M.R.L.M., los disparos se realizaron en diferentes labores de la mina.

Se ha observado que los resultados con M.R.L.M. son mejores a los resultados con el método anterior, el agregar mas variables hace que los resultados sean mas consistentes y las variables se correlacionen de mejor manera, esto genera mejores resultados en avance y sobrerotura, en esta parte se resalta que un valor fundamental es el de R.M.R.

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 6'x6' en material desmonte para el caso de avance en la Galería 375, los resultados muestran en promedio un avance de 1.53 metros y una sobrerotura de 15.3 %.

Cuadro N° 79 Resultados Gal 375 con M.R.L.M."Y=Avance" (6'x6') en material desmante

LABOR	GAL 375			
SECCION	6X6			
METODO	MRLM			
MATERIAL	DESMONT E			
VARIABLE"Y "	AVANCE			
FECHA	GUARDIA	AVANC E (m)	SOBREROTUR A %	OBSERVACIO N
1/02/2019	DIA	1.52	12	OK
1/02/2019	NOCHE	1.54	16	OK
2/02/2019	DIA	1.5	18	OK
2/02/2019	NOCHE	1.52	16	OK
3/02/2019	DIA	1.54	16	OK
3/02/2019	NOCHE	1.53	15	OK
4/02/2019	DIA	1.52	12	OK
4/02/2019	NOCHE	1.5	18	OK
5/02/2019	DIA	1.55	14	OK
5/02/2019	NOCHE	1.54	16	OK
	Promedio	1.53	15.3	

Fuente: Observación Propia (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 6'x6' en material mineral para el caso de avance en el Crucero 665, los resultados muestran en promedio un avance de 1.53 metros y una sobrerotura de 22 %.

Cuadro N° 80 Resultados Cx 665 con M.R.L.M."Y=Avance" (6'x6') en material mineral

LABOR	CX 665			
SECCION	6X6			
METODO	MRLM			
MATERIAL	MINERA L			
VARIABLE"Y "	AVANCE			
FECHA	GUARDI A	AVANC E (m)	SOBREROTUR A %	OBSERVACIO N
6/02/2019	DIA	1.5	20	OK
6/02/2019	NOCHE	1.55	25	OK
7/02/2019	DIA	1.55	25	OK
7/02/2019	NOCHE	1.52	22	OK
8/02/2019	DIA	1.54	24	OK
8/02/2019	NOCHE	1.52	22	OK
9/02/2019	DIA	1.54	24	OK
9/02/2019	NOCHE	1.53	23	OK
10/02/2019	DIA	1.53	23	OK
10/02/2019	NOCHE	1.52	22	OK
	Promedio	1.53	22	

Fuente: Observación Propia (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 6'x6' en material desmonte para el caso de avance en la Galería 375 (Estocada), los resultados muestran en promedio un avance de 1.17 metros y una sobrerotura de 0%, además presenta casos de desquinche.

Cuadro N° 81 Resultados Gal375 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (6'x6') en material desmonte

LABOR	GAL 375	ESTOCA DA		
SECCION	6X6			
METODO	MRLM			
MATERIAL	DESMONTE			
VARIABLE" Y"	SOBREROTU RA			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
11/02/2019	DIA	1	0	DESQUINCH E
11/02/2019	NOCHE	1.2	0	DESQUINCH E
12/02/2019	DIA	1.3	0	DESQUINCH E
	Promedio	1.17	0	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Gal 375 (Estocada) con M.R.L.S. en material desmonte caso de sobrerotura, se realizó desquinche en las coronas.

Fotografía N° 16 Disparo fallado (Desquinche) en Gal 375 (Estocada)



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 6'x6' en material mineral para el caso de sobrerotura en el Crucero 665 (Estocada), los resultados muestran en promedio un avance de 1.51 metros y una sobrerotura de 21.33%, además presenta casos de desquinche.

Cuadro N° 82 Resultados Cx665 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (6'x6') en material mineral

LABOR	cx 665	ESTOCA DA		
SECCION	6X6			
METODO	MRLM			
MATERIAL	MINERAL			
VARIABLE" Y"	SOBREROTU RA			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
13/02/2019	DIA	1.5	20	DESQUINCH E
13/02/2019	NOCHE	1.52	22	DESQUINCH E
14/02/2019	DIA	1.52	22	DESQUINCH E
	Promedio	1.51	21.33	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Cx 665 (Estocada) con M.R.L.S. en material mineral caso de sobrerotura, se realizó desatado de roca suelta y hubo presencia de taqueamiento en frente se realizo desquinche.

Fotografía N° 17 Disparo fallado (Exceso Sobrerotura) en Cx 665



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

Los resultados en sobrerotura con M.R.L.M son favorables, al parecer la correlación donde se lleva la variable sobrerotura a cero genera los resultados deseados, pero se entiende que hay una variable determinante que es la calidad roca, aunque en el caso de desmonte se puede decir que siempre se tendría que obtener un valor en sobrerotura que sea mayor a cero para que pueda existir un avance optimo.

5.1.4.- Resultados del diseño de la malla de perforación y columna de carga con el metodo de regresión lineal multiple (M.R.L.M) para Ch 770 y Ch 210

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 4'x4' en material desmonte para el caso de avance en la Chimenea 770, los resultados muestran en promedio un avance de 1.54 metros y una sobrerotura de 15.6%.

Cuadro N° 83 Resultados Ch770 con M.R.L.M."Y=Avance" (4'x4') en material desmante

LABOR	CH 770			
SECCION	4X4			
METODO	MRLM			
MATERIAL	DESMONT E			
VARIABLE" Y"	AVANCE			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTU RA %	OBSERVACIO N
15/02/2019	DIA	1.55	15	OK
15/02/2019	NOCHE	1.58	8	OK
16/02/2019	DIA	1.54	16	OK
16/02/2019	NOCHE	1.55	15	OK
17/02/2019	DIA	1.53	17	OK
17/02/2019	NOCHE	1.52	18	OK
18/02/2019	DIA	1.5	20	OK
18/02/2019	NOCHE	1.56	16	OK
19/02/2019	DIA	1.56	16	OK
19/02/2019	NOCHE	1.55	15	OK
	Promedio	1.54	15.6	

Fuente: Observación Propia (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 4'x4' en material mineral para el caso de avance en la Chimenea 210, los resultados muestran en promedio un avance de 1.51 metros y una sobrerotura de 6.8%.

Cuadro N° 84 Resultados Ch210 con M.R.L.M."Y=Avance" (4'x4') en material mineral

LABOR	CH 210			
SECCION	4X4			
METODO	MRLM			
MATERIAL	MINERAL			
VARIABLE" Y"	AVANCE			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTUR A %	OBSERVACIO N
20/02/2019	DIA	1.5	8	OK
20/02/2019	NOCHE	1.51	7	OK
21/02/2019	DIA	1.51	7	OK
21/02/2019	NOCHE	1.5	8	OK
22/02/2019	DIA	1.52	5	OK
22/02/2019	NOCHE	1.51	7	OK
23/02/2019	DIA	1.52	5	OK
23/02/2019	NOCHE	1.52	5	OK
24/02/2019	DIA	1.5	8	OK
25/02/2019	NOCHE	1.5	8	OK
	Promedio	1.51	6.8	

Fuente: Observación Propia (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 4'x4' en material desmonte para el caso de sobrerotura en la Chimenea 770, los resultados muestran en promedio un avance de 1.1 metros y una sobrerotura de 0%, presenta casos de desquinche.

Cuadro N° 85 Resultados Ch770 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material desmante

LABOR	CH 770			
SECCION	4X4			
METODO	MRLM			
MATERIAL	DESMONTE			
VARIABLE" Y"	SOBREROTU RA			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
26/02/2019	DIA	1.2	0	DESQUINCH E
26/02/2019	NOCHE	1	0	DESQUINCH E
27/02/2019	DIA	1.1	0	DESQUINCH E
	Promedio	1.1	0	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Ch 770 con M.R.L.S. en material desmante caso de sobrerotura, presencia de taqueamiento, se realizó el respectivo desquinche en el frente.

Fotografía N° 18 Disparo fallado (Taqueamiento) en Ch 770



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

En el cuadro siguiente se tienen los resultados de la malla de perforación y voladura diseñada con el M.R.L.M. para secciones de 4'x4' en material mineral para el caso de sobrerotura en la Chimenea 210, los resultados muestran en promedio un avance de 1.37 metros y una sobrerotura de 3.67%, presenta casos de desquinche.

Cuadro N° 86 Resultados Ch210 con M.R.L.M."Y=Sobrerotura" (4'x4') en material mineral

LABOR	CH 210			
SECCION	4X4			
METODO	MRLM			
MATERIAL	MINERAL			
VARIABLE" Y"	SOBREROTU RA			
FECHA	GUARDIA	AVANCE (m)	SOBREROTU RA %	OBSERVACI ON
28/02/2019	DIA	1.4	3	DESQUINCH E
28/02/2019	NOCHE	1.3	5	DESQUINCH E
1/03/2019	DIA	1.4	3	DESQUINCH E
	Promedio	1.37	3.67	

Fuente: Observación Propia (2019)

La siguiente fotografía muestra un disparo fallado en Ch210 con M.R.L.S. en material mineral caso de sobrerotura, disparo con taqueamiento en el frente se realizó el respectivo desquinche.

Fotografía N° 19 Disparo fallado (Taquéamiento) en Ch 210



Fuente: Mina San Juan de Chorunga (2019)

5.2.- Propuesta de mejora para controlar el avance y la sobrerotura en la mina San Juan de Chorunga

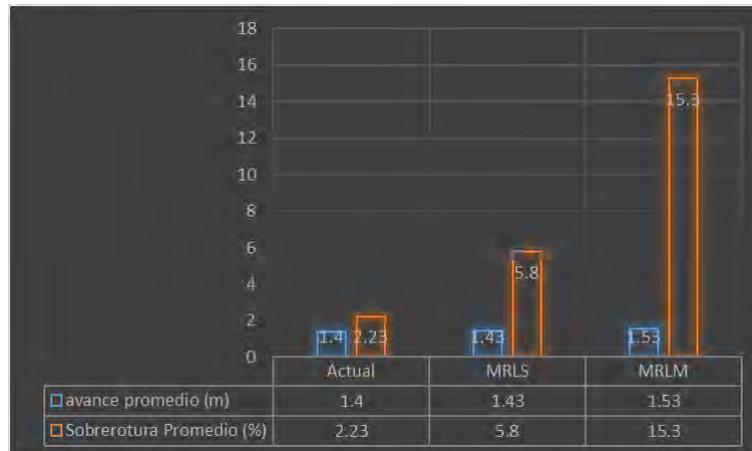
5.2.1- Predicción “Y” Tendencia de los resultados de la perforación y voladura con la aplicación de herramientas computacionales

En base a los promedios que se han obtenido de los resultados se han construido las siguientes graficas que muestran las tendencias de los avances y las sobreroturas obtenidas de las diferentes mallas tanto de las mallas actuales y de las que se han diseñado en base al método de regresión lineal tanto en sus variantes simple y multiple.

En el siguiente grafico se muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener un avance máximo “ $Y=1.524$ metros” en material desmonte y sección 6’x6’, se observa que la malla actual y la malla con M.R.L.S. tiene como resultado el mismo avance a diferencia de la malla con M.R.L.M. que consigue un avance mayor al deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. una sobrerotura mayor a las obtenindass con la malla actual y la malla con M.R.L.S.

Gráfico N° 1 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (6'x6') – Caso Avance

Máximo

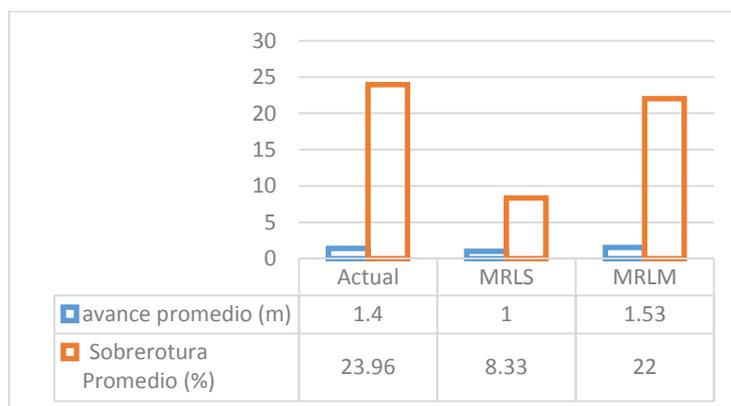


Fuente: Análisis Propio (2019)

El siguiente gráfico muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener un avance máximo “Y=1.524 metros” en material mineral y sección 6'x6', se observa que la malla actual y la malla con M.R.L.S. tiene como resultado un avance menor a la malla con M.R.L.M. que consigue un avance mayor al deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. y la actual una sobrerotura mayor a obtenida con la malla con M.R.L.S.

Gráfico N° 2 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (6'x6') – Caso Avance

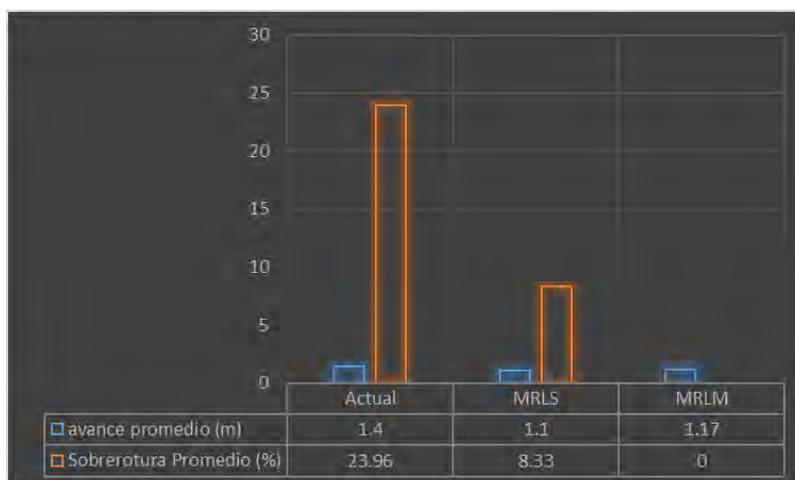
Máximo



Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente grafico se muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener una sobrerotura minima “Y=0% ” en material desmonte y sección 6’x6’, se observa que la malla actual tiene mayor avance en comparación a la malla con M.R.L.S. y M.R.L.M., en ningún caso se obtiene un avance deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. una sobrerotura deseada mientras que con la malla actual y la malla con M.R.L.S. se obtiene una sobrerotura mayor.

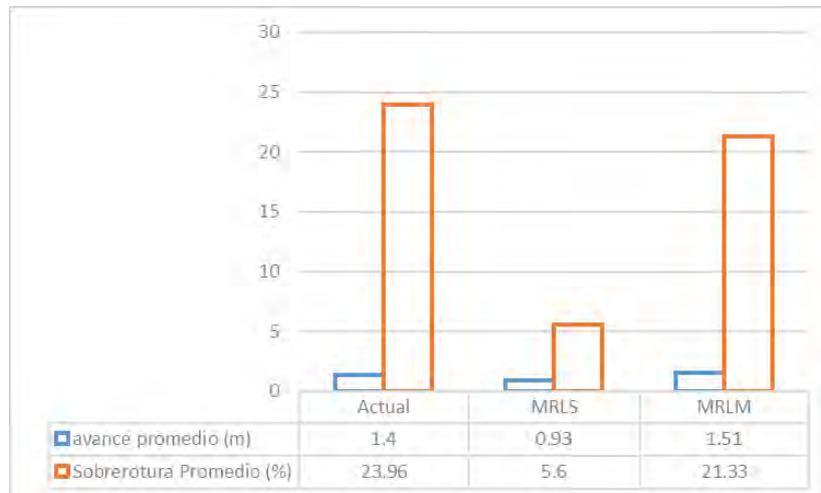
Gráfico N° 3 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (6’x6’) – Caso Sobrerotura Minima



Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente grafico se muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener una sobrerotura minima “Y=0% ” en material mineral y sección 6’x6’, se observa que la malla con M.R.L.M. se tiene mayor avance en comparación a la malla con M.R.L.S. y la malla actual, en ningún caso se obtiene un avance deseado, solo en el caso de la malla con M.R.L.M. se tiene un avance cercano al deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. una sobrerotura similar a la malla actual y la malla con M.R.L.S. es la que se acerca más a la sobrerotura deseada..

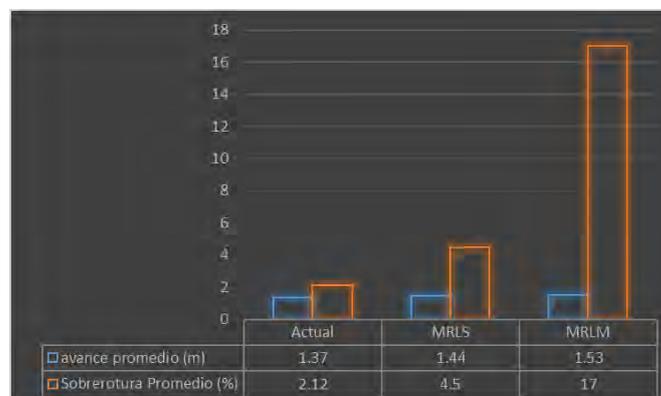
Gráfico N° 4 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (6'x6') – Caso Sobrerotura Minima



Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente grafico se muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener un avance máximo “Y=1.524 metros” en material desmonte y sección 4'x4', se observa que la malla actual y la malla con M.R.L.S. tiene como resultado un similar avance a diferencia de la malla con M.R.L.M. que consigue un avance mayor al deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. una sobrerotura mayor a las obtenindass con la malla actual y la malla con M.R.L.S.

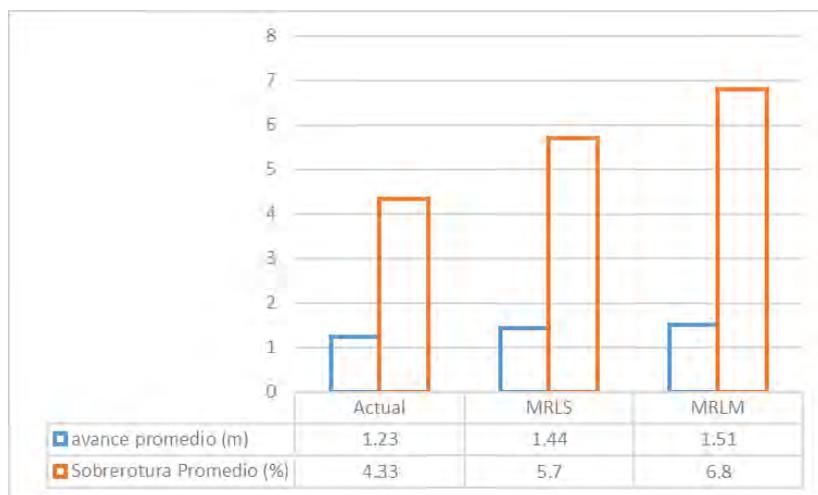
Gráfico N° 5 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (4'x4') – Caso Avance maximo



Fuente: Análisis Propio (2019)

El siguiente grafico muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener un avance máximo “ $Y=1.524$ metros” en material mineral y sección 4’x4’, se observa que la malla actual y la malla con M.R.L.S. tiene como resultado un avance menor a la malla con M.R.L.M. que consigue un avance cercano al deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. y la malla M.R.L.S. una mayor a la obtenida con la malla actual.

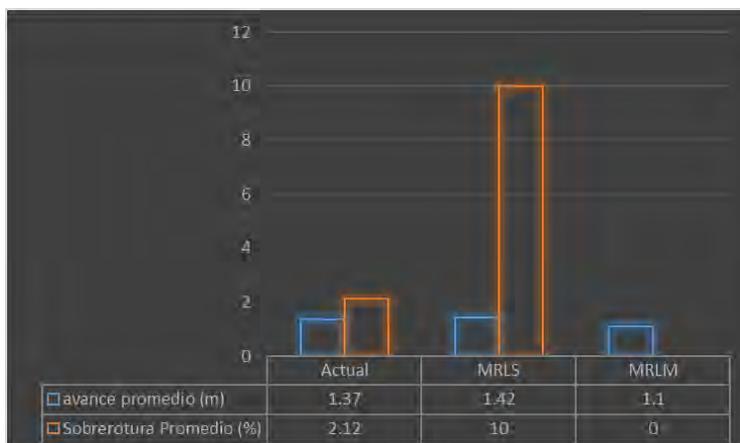
Gráfico N° 6 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (4’x4’) – Caso Avance maximo



Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente grafico se muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener una sobrerotura mínima “ $Y=0\%$ ” en material desmonte y sección 4’x4’, se observa que la malla actual con M.R.L.S. tiene mayor avance en comparación a la malla con M.R.L.M. y la actual, en ningún caso se obtiene un avance deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. una sobrerotura deseada mientras que con la malla actual y la malla con M.R.L.S. se obtiene una sobrerotura mayor.

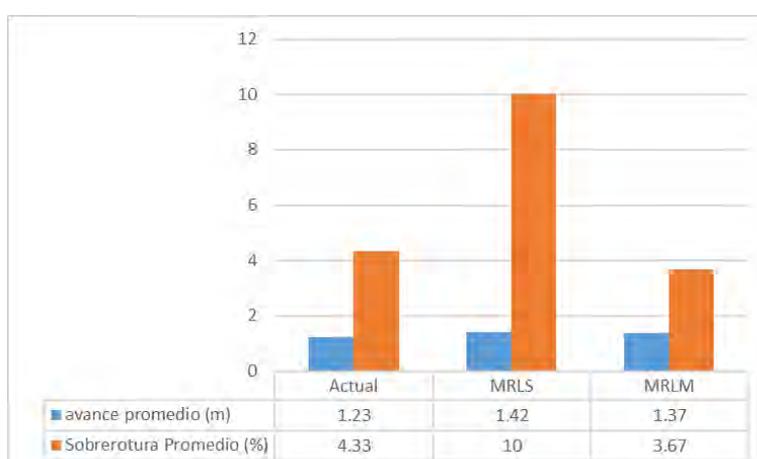
Gráfico N° 7 Tendencia Avance y sobrerotura en desmonte (4'x4') – Caso Sobrerotura minima



Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente grafico se muestra como es la tendencia del avance y sobrerotura en los diferentes disparos, que se han realizado con la malla actual y las diseñadas con el método de regresión lineal, el enfoque que se dio a la regresión lineal es la de obtener una sobrerotura mínima “ $Y=0\%$ ” en material mineral y sección 4'x4', se observa que la malla con M.R.L.S. se tiene mayor avance en comparación a la malla con M.R.L.M. y la malla actual, en ningún caso se obtiene un avance deseado, en cuanto a la sobrerotura se tiene, con la malla M.R.L.M. una sobrerotura similar a la malla actual y la malla con M.R.L.S. es la que obtiene una mayor sobrerotura.

Gráfico N° 8 Tendencia Avance y sobrerotura en mineral (4'x4') – Caso Sobrerotura minima



Fuente: Análisis Propio (2019)

En el siguiente cuadro se tiene el resumen de avance y sobrerotura con los métodos MRLS y MRLM

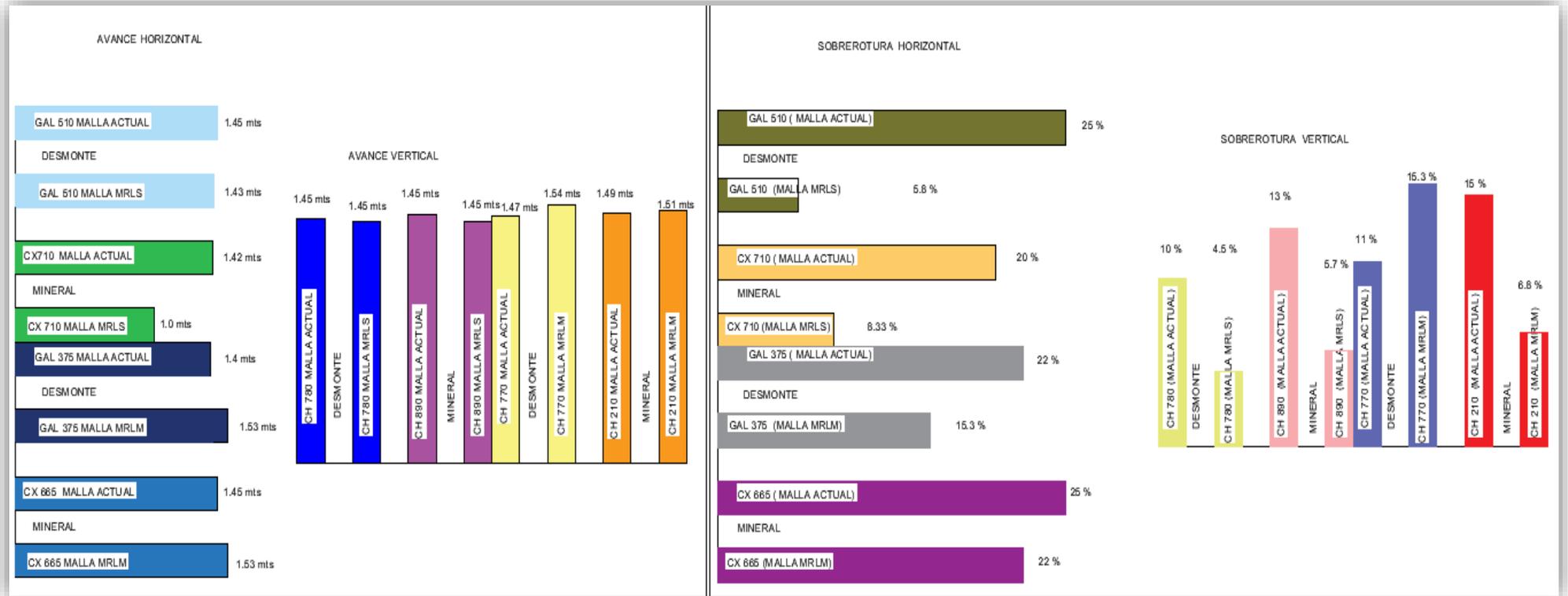
Cuadro N° 87 Resumen resultados de avance y sobrerotura para MRLS y MRLM

Labor	Avance (mts.)			Sobrerotura (%)			Diferencia	Diferencia	Diferencia	Diferencia
	Actual	MRLS	MRLM	Actual	MRLS	MRLM	Avance MRLS	Avance MRLM	Sobrerotura MRLS	Sobrerotura MRLM
Gal 510 (desmonte)	1.45	1.43		25	5.8		0.02		19.2	
CX 710 (mineral)	1.42	1		20	8.33		0.42		11.67	
Ch780(desmonte)	1.46	1.44		10	4.5		0.02		5.5	
Ch890(mineral)	1.48	1.44		13	5.7		0.04		7.3	
Gal 375(desmonte)	1.4		1.53	22		15.3		0.13		6.7
CX 665(mineral)	1.45		1.53	25		22		0.08		3
Ch770(desmonte)	1.47		1.54	11		15.6		0.07		4.6
Ch210(mineral)	1.49		1.51	25		6.8		0.02		18.2

Fuente: Análisis Propio (2019)

En la siguiente figura se tiene la comparativa de avance y sobrerotura para los metodos MRLS y MRLM:

Figura N° 31 Comparativa Avance y Sobrerotura con MRLS y MRLM

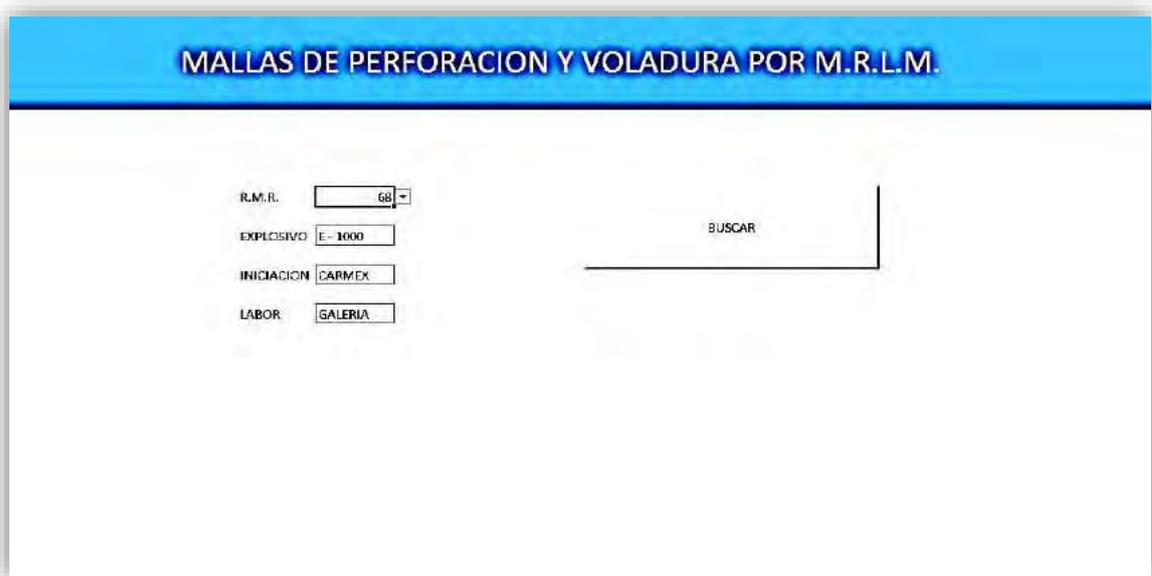


Fuente: Análisis Propio (2019)

5.2.2.- Diseño de aplicativo computacional para el modelamiento de mallas de perforación y voladura en la mina

Para el diseño del aplicativo se ha tomado como factor determinante al R.M.R. aunque en el futuro se piensa incrementar otros aspectos como son otros explosivos, otro tipo de iniciación, además se ha incluido el tipo de labor para una mejor búsqueda, se han generado listas desplegables para que nos ayuden mejor en la búsqueda, así como se muestra en la siguiente figura, se ha utilizado el paquete de desarrollador de Excel para poder implementar los diferentes macros.

Figura N° 32 Ingreso de aplicativo para búsqueda de mallas con M.R.L.M.



MALLAS DE PERFORACION Y VOLADURA POR M.R.L.M.

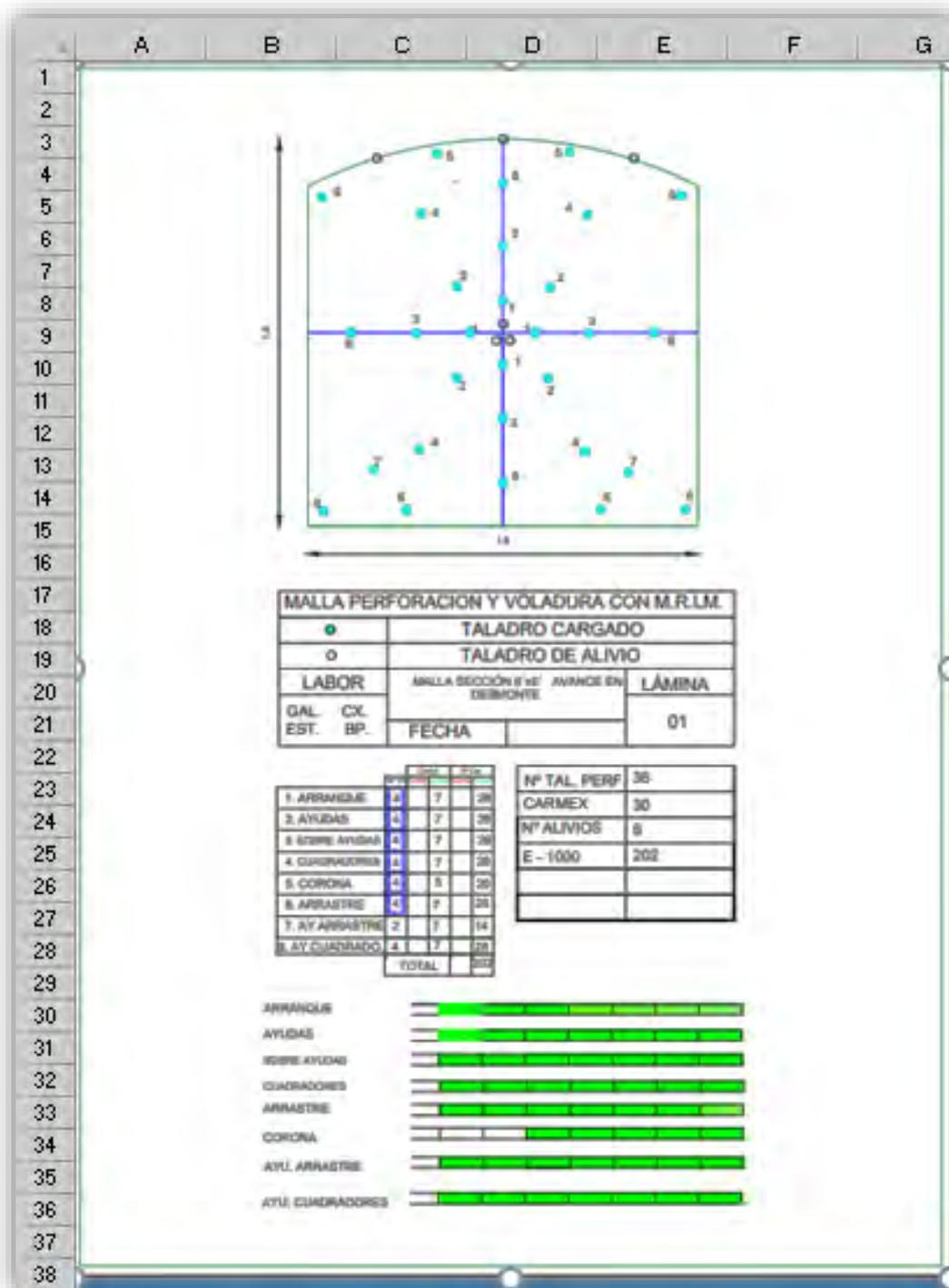
R.M.R. 68
EXPLOSIVO E-1000
INICIACION CARMEX
LABOR GALERIA

BUSCAR

Fuente: Análisis Propio (2019)

Una vez seleccionado los datos determinantes, se busca las diferentes mallas propuestas con el M.R.L.M. para que se pueda utilizar o en todo caso utilizar como referencia, es así que se está generando una base de datos con las diferentes mallas de perforación y voladura que pueden llegar a tener varias plantillas, en la siguiente fotografía se muestra una de las plantillas que se ha generado al realizar la búsqueda en el aplicativo.

Figura N° 33 Plantilla generada en la búsqueda con el aplicativo



Fuente: Análisis Propio (2019)

CONCLUSIONES

1. Se concluye que si se puede controlar el avance y la sobrerotura con el método de regresión lineal tanto en sus dos variantes simple y múltiple, es así que con la malla actual de perforación y voladura se obtenía un avance promedio de 1.4 metros en labores horizontales con secciones de 6'x6' y 1.37 metros en labores verticales chimeneas de 4'x4, mientras que con la malla con el M.R.L.S. se obtenía un avance promedio de 1.44 metros en secciones 6'x6' y 1.42 metros en secciones 4'x4', en el caso de las mallas con M.R.L.M. se obtuvieron avances superiores al deseado "Y=1.524 metros". En cuanto a la sobrerotura deseada "Y= 0%", los resultados de las mallas actuales y con el M.R.L.S. son superiores al 0% incluso llegan a alcanzar un 25 %, la sobrerotura deseada se llega a alcanzar con las mallas con M.R.L.M. incluso llega a alcanzar el 0% pero conlleva situaciones en donde los disparos fallan y existe la presencia de desquiches, por lo tanto para controlar el avance y la sobrerotura las mallas adecuadas serían las diseñadas con el M.R.L.M. ya que se puede obtener un avance >1.524 metros y una sobrerotura <25% que desde un punto de vista operativo es una sobrerotura tolerable.

2. Es necesario controlar el avance y la sobrerotura, porque a un mayor avance mayores ingresos y a una menor sobrerotura menos sostenimiento, si se observa desde un punto de vista técnico obtener un avance mayor al deseado de 1.524 metros reduce los tiempos, pero hay que considerar que la sobrerotura puede llegar a ser >25%, en el caso de desmonte sería admisible, aunque si consideramos que el avance en mineral conlleva a la instalación de sostenimiento entonces se podría concluir que lo mejor debería ser obtener el mayor avance para poder cumplir con los avances programados.

3. Los factores incidentes en la deficiencia del avance y la sobrerotura son en primer lugar el R.M.R. ya que se ha comprobado que al no considerar este factor en el M.R.L.S. no se obtiene los avances y sobrerotura deseados, otro factor es el número de taladros que se debería incrementar así como nos indica el M.R.L.M. por último el factor incidente que debería considerarse es el explosivo que en nuestro caso y para el diseño de todas las mallas se ha utilizado el Emulnor 1000, como se ha observado y de acuerdo al M.R.L.M. para alcanzar un mayor avance se debe incrementar los cartuchos, en todo caso cambiar el explosivo por alguno más potente.

4. Los criterios que se deben tomar para el control de la sobrerotura son el R.M.R. que como se muestra en el aplicativo computacional es determinante para la selección de

la malla, en nuestro caso se han realizado un total de 100 mallas donde se puede seleccionar las diferentes mallas en base al R.M.R., otro criterio debería ser el Numero de taladros que deberían alcanzar un máximo en Secciones de 6'x6' de 36 taladros y en secciones de 4'x4' de 19 taladros, otro factor es el factor de avance que en secciones de 6'x6' debería llegar a 15.84 kg/m (desmante) y 7.21 kg/m(mineral) y en secciones de 4'x4' 8.47 kg/m (desmante) y 4.7 kg/m(mineral).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar las mallas de perforación y voladura diseñadas con el M.R.L.S. ya que pueden llegar a conseguir un avance máximo y una sobrerotura menor a 25 % lo cual es admisible en las labores de minado, sobretodo es mejor utilizar las mallas en cuanto a la variable determinante R.M.R., ya que en la aplicación computacional se tiene las mallas de acuerdo al R.M.R. del 1 al 100, sobre todo porque en la aplicación se ha integrado una ecuación que considera las variables más importantes para el diseño.
2. Se recomienda controlar el avance y la sobrerotura, aunque en la mayoría de los casos el avance es mas importante ya que determina los ingresos en la mina, asi que lo mejor sera generar el mayor avance posible para lo cual seria necesario diseñar y ajustar las mallas con M.R.L.M. en base al máximo avance posible que es 1.524 para barrenos de 5' en secciones 6'x6' y eficiencia de perforación 100%
3. Es recomendable implementar mas ecuaciones en base a nuevos ratios de perforación y voladura ya que podrán generar mas correlaciones y coeficientes independientes, las ecuaciones deben ser generadas en base al M.R.L.M. que ha demostrado se el metodo mas confiable al momento del diseño.
4. Se recomienda empezar a generar ecuaciones que consideren mas variables asi como el caso de otro explosivos como E-3000 y E -5000 y tambien que consideren otro tipo de iniciación como Nonel o Fanel y cordón detonante, ademas es necesario empezar a generar mas ecuaciones para el diseño en base a factores mas generales como es el factor de potencia o de carga, en todos los casos siempre se debe considerar al R.M.R. como variable determinante al momento de diseñar las mallas de perforación y voladura.
5. Por ultimo se recomienda tomar en cuenta al momento de generar las ecuaciones las secciones de arranque cuadradores y demás, tambien tomar en cuenta la potencia, Velocidad de detonación (V.O.D.) y demás factores de los explosivos para asi poder encontrar una correlacion con explosivos mas comunes como son el ANFO y la dinamita.

BIBLIOGRAFÍA

Ash. (1963). *Geometry of Blasting*.

Bieniawski, Z. T. (1989). *"Engineering Rock Mass Classifications"*. Pennsylvania: State University.

Calderon Navarro, M. A. (2015). *"OPTIMIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL AVANCE Y PRODUCCIÓN DE LA MINERÍA DE MEDIANA ESCALA (UNIDAD MINERA MACDESA)"*. Huancayo: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.

Castro Álvarez, C. F. (2015). *"MODELAMIENTO NUMÉRICO DE LA DILUCIÓN POR SOBRE EXCAVACIÓN EN MINERÍA SUBTERRÁNEA EXPLOTADA POR SUBLEVEL STOPING"*. Santiago De Chile: UNIVERSIDAD DE CHILE.

EXSA. (2004). *"Manual práctico de voladura"*. Madrid: Mc Graw Hill.

González De Vallejo, L. I. (2004). *"Ingeniería Geológica"*. España: Pearson Educación S.A.

López, J. C., & López, J. (2003). *"Manual de perforación y voladura de rocas"*. Arias Montano.

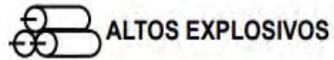
Ríos, V. J. (2000). *Curso Básico de Explosivos*. Lima.

Rojo, A. J. (2007). *"Regresión Lineal"*.

Valencia Oviedo, J. F. (2019). *"DISEÑO DE VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE FRAGMENTACIÓN EN MINERAL Y DESMONTE, MEDIANTE EL CONTROL DE VIBRACIONES Y VELOCIDAD DE DETONACIÓN EN MINA SAN RAFAEL MINSUR S.A."*. Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa.

ANEXOS

Anexo N°1: Ficha Técnica Explosivo



EMULNOR®

EMULSIÓN / HIDROGEL ENCARTUCHADA

Descripción y composición

El EMULNOR® es una emulsión explosiva encartuchada en una envoltura plástica que posee propiedades de seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de los gases de voladura.

Tipos y usos

Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos:

- EMULNOR® 500.-
Para la voladura de rocas muy suaves.
- EMULNOR® 1000.-
Para la voladura de rocas suaves a intermedias.
- EMULNOR® 3000.-
Para la voladura de rocas intermedias a duras.
- EMULNOR® 5000.-
Para la voladura de rocas muy duras.

Su uso está orientado a cualquier tipo de trabajo: En explotaciones y desarrollos mineros, en obras de ingeniería civil, en canteras, en taladros secos, húmedos e inundados, con una modalidad de aplicación similar a las dinamitas convencionales, pudiendo trabajar como columna explosiva o como "cebos" de iniciación de columnas de nitro-carbonitratos.

Debido a la buena calidad de los gases residuales y al no contener nitroglicerina en su composición, permite que el personal reingrese a la labor en menor tiempo; obteniéndose mejoras en los ciclos de trabajo, sin desmedro de la seguridad.

Transporte

Clase: 1
División: 1.1 D
N° ONU: 0241



Características técnicas

	EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
Densidad relativa (g/cm³)	0,99 ± 0,15	1,13 ± 0,1	1,14 ± 0,1	1,16 ± 0,1
Velocidad de confinado* (m/s)	4 400 ± 300	5 500 ± 300	5 700 ± 300	5 500 ± 300
Velocidad de detonación (m/s) **	3 500 ± 300	4 500 ± 300	4 400 ± 300	4 300 ± 300
Presión de detonación (kbar)	44	95	93	88
Energía (kcal/kg)	628	785	920	1010
Volumen normal de gases (l/kg)	952	920	980	970
Potencia relativa en peso (%) (***)	70	87	102	112
Potencia relativa en volumen (%) (***)	77	120	142	150
Sensibilidad al fúsmo	N° 8	N° 8	N° 8	N° 8
Resistencia al agua	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Categoría de fúsmo	Primera	Primera	Primera	Primera

* Velocidad de detonación en tubo de 1" y palgada de diámetro.
** Velocidad de detonación como cartucho de 1" palgada de diámetro.
*** Potencias relativas referidas a ANFO con potencia convencional de 100.

Presentación

	Materiales de caja	Capacidad de caja (Pza.)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
EMULNOR® 500 1" x 7"	Cartón	318	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 500 1" x 8"	Cartón	294	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 30,0
EMULNOR® 1000 1" x 7"	Cartón	264	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 1000 1" x 8"	Cartón	230	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 1000 1" x 12"	Cartón	150	25,0	26,5	34,2 x 47,5 x 30,0
EMULNOR® 3000 1" x 7"	Cartón	260	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 3000 1" x 8"	Cartón	228	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 3000 1" x 12"	Cartón	144	25,0	26,5	34,2 x 47,5 x 30,0
EMULNOR® 5000 1" x 7"	Cartón	246	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 5000 1" x 8"	Cartón	216	25,0	26,5	38,6 x 45,6 x 26,2
EMULNOR® 5000 1" x 12"	Cartón	142	25,0	26,5	34,2 x 47,5 x 30,0

Otras formas de empaque de acuerdo a pedido.



Responsabilidad y Medio Ambiente
FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. es una empresa responsable y comprometida con el medio ambiente y la sociedad. Nos adherimos a los principios de la Declaración Universal de Derechos Humanos y a los principios de la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Nos comprometemos a reducir el impacto ambiental de nuestras actividades, a promover el uso responsable de los recursos naturales y a fomentar la cultura de la seguridad y el bienestar de nuestros colaboradores y la comunidad.

Política de Medio Ambiente
FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. se compromete a reducir el impacto ambiental de sus actividades, a promover el uso responsable de los recursos naturales y a fomentar la cultura de la seguridad y el bienestar de sus colaboradores y la comunidad.

Política de Seguridad
FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. se compromete a garantizar la seguridad de sus colaboradores, clientes y la comunidad, a través de la implementación de medidas preventivas y de emergencia, y a fomentar la cultura de la seguridad en todas sus actividades.





SISTEMAS DE INICIACIÓN

CARMEX®

DETONADOR ENSAMBLADO

Descripción y composición

El CARMEX® ha sido concebido y desarrollado como un seguro y eficiente sistema de iniciación para efectuar voladuras convencionales.

El CARMEX® está compuesto por los siguientes componentes: un Fulminante Común N° 8, un tramo de Mecha de Seguridad, un Conector para Mecha Rápida y un Block de sujeción, que viene a ser un seguro de plástico, cuya función es asegurar la Mecha Rápida al Conector para Mecha Rápida.

El CARMEX® es ensamblado por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas, garantizando con ello la hermeticidad del Fulminante – Mecha de Seguridad – Conector.

Características técnicas

DEL FULMINANTE COMÚN CARMEX®

Diámetro del fulminante (mm)	6,3	Resistencia a la humedad relativa del 100 % por 24 horas	Detona
Longitud del fulminante (mm)	45	Resistencia al impacto 2 kg/1m	No Detona
Prueba de esopo, diámetro de perforación (mm)	Min. 9,0	Sensibilidad a la chispa de la mecha de seguridad	Buena
Volumen trauzi (cm ³)	Min. 23		

DE LA MECHA DE SEGURIDAD CARMEX®

Color de recubrimiento plástico	Verde
Núcleo de pólvora (g/m)	6,1 ± 0,7
Tiempo de combustión a n.m. (s/m)	160 ± 10
Diámetro externo (mm)	5,2 ± 0,2

DEL CONECTOR CARMEX®

Diámetro del conector (mm)	6,3
Longitud del conector (mm)	45
Ancho de la ranura (mm)	2,3 ± 0,3
Carga de material pirotécnico (g)	0,5 ± 0,1
Altura de carga (mm)	11,0 ± 3,0

DEL BLOCK DE SUJECIÓN CARMEX®

Diámetro del block de sujeción (mm)	10 ± 0,3
Longitud total (mm)	14 ± 0,2
Color del block de sujeción	Anaranjado
Material	Plástico

Presentación

	Material de caja	Capacidad de caja (pza)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
CARMEX® 2,10 m (7 pies)	Cartón	300	15,6	17,5	44,5 x 38,0 x 39,0
CARMEX® 2,40 m (8 pies)	Cartón	300	17,7	19,5	44,5 x 38,0 x 39,0
CARMEX® 2,70 m (9 pies)	Cartón	250	16,3	18,2	44,5 x 38,0 x 39,0

Otras longitudes se fabrican a pedido.

Transporte

Clase: 1
División: 1.1B
N° ONU: 0360



WARRANTY / GARANTÍA
El producto es suministrado en el estado en que se encuentra al momento de ser entregado al cliente. FAMESA EXPLOSIVOS no se responsabiliza por daños o lesiones causados por el uso indebido o incorrecto del producto. El cliente es responsable de la correcta manipulación y uso del producto.

Este producto es suministrado en el estado en que se encuentra al momento de ser entregado al cliente. FAMESA EXPLOSIVOS no se responsabiliza por daños o lesiones causados por el uso indebido o incorrecto del producto. El cliente es responsable de la correcta manipulación y uso del producto.

NOTAS

Este producto es suministrado en el estado en que se encuentra al momento de ser entregado al cliente. FAMESA EXPLOSIVOS no se responsabiliza por daños o lesiones causados por el uso indebido o incorrecto del producto. El cliente es responsable de la correcta manipulación y uso del producto.



Anexo N° 2: Data para Generacion de Ecuaciones MRLS y MRLM

Secciones 1.8 mts x 1.8mts

Día	Codigo de labores	Guardia	Nro taladros	Avance (m)	Material	Voladura	Carmex (unid)	Fanel (Unid.)	Cordón Det.(m)	Emul 5000 1" x 8"	Emul 3000 1" x 8"	Emul 1000 1" x 8"	Eficiencia perf (%)	Pies perf	Rotura (m²)	TM	Eficiencia val (%)	Disp Fallados	Kg expl / disp	F.P. (Kg / tn)	F. C. (kg / m³)	F. A. (Kg / ml)	Kg expl / tal	ml / H-gdi a	RMR	sobrerotura %
24-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	18		90			95	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	42.00	2
24-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	25	1.45	Desmonte	Ok	20		90	10		65	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.97	2.53	7.55	0.55	0.48	Esperanza	2060	41.00	5
25-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	18		90			95	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	36.00	3
25-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.45	Desmonte	Ok	18		90			75	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	38.00	2
26-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.45	Desmonte	Ok	18		90			75	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	39.00	5
27-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	23	1.45	Desmonte	Ok	19		90			95	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.88	2.28	6.8	0.52	0.48	Esperanza	2060	35.00	5
27-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.4	Desmonte	Ok	18		90			75	4.17	10.85	95%	2.38	95%	0.91	2.36	7.04	0.55	0.47	Esperanza	2060	35.00	2
28-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95				75	4.17	10.85	96%	2.40	96%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	35.00	3
29-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	23	1.45	Desmonte	Ok	19		95			80	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	35.00	0
29-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	22	1.4	Desmonte	Ok	19		95			75	4.17	10.85	95%	2.38	95%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	40.00	0
30-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19		95			75	4.17	10.85	96%	2.40	96%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	43.00	0
30-mar	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95				75	4.17	10.85	94%	2.35	94%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	42.00	0
01-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.3	Desmonte	Ok	19		95			75	3.88	10.08	90%	2.25	90%	1.03	2.69	8.01	0.55	0.43	Esperanza	2060	41.00	3
03-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.4	Desmonte	Ok	19		95			75	4.17	10.85	97%	2.43	97%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	45.00	0
06-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.4	Desmonte	Ok	19		95			75	4.17	10.85	97%	2.43	97%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	44.00	0
07-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.4	Desmonte	Ok	19		95			75	4.17	10.85	97%	2.43	97%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	42.00	0
08-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	19		95			75	4.32	11.24	100%	2.50	100%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	41.00	0
08-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.45	Desmonte	Ok	19		95			75	4.32	11.24	100%	2.50	100%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	36.00	0
09-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	19		95			75	4.32	11.24	100%	2.50	100%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	38.00	2
10-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	19		95			75	4.32	11.24	100%	2.50	100%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	39.00	3
10-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.4	Desmonte	Ok	19		95			70	4.17	10.85	97%	2.43	97%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	35.00	2
11-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	19		45	50		65	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.92	2.4	7.15	0.55	0.48	Esperanza	2060	35.00	5

13-abr	Nv 2060 - GL 140 - 1.80x1.80	Noche	21	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	4.17	10.85	97%	2.43	97%	0.96	2.49	7.44	0.55	0.47	Esperanza	2060	40.00	2	
19-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	18	90	75	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	43.00	6	
20-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	24	1.4	Desmonte	Ok	20	100	75	4.17	10.85	95%	2.38	95%	1.01	2.63	7.83	0.55	0.47	Esperanza	2060	42.00	4	
21-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	18	90	95	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	41.00	2	
21-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	24	1.45	Desmonte	Ok	20	100	75	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.98	2.54	7.56	0.55	0.48	Esperanza	2060	45.00	5	
22-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	18	90	75	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	44.00	3	
22-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19	95	80	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	42.00	2	
23-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	21	1.45	Desmonte	Ok	18	90	75	4.32	11.24	99%	2.48	99%	0.88	2.28	6.8	0.55	0.48	Esperanza	2060	41.00	5	
23-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19	95	75	4.32	11.24	98%	2.45	98%	0.93	2.41	7.18	0.55	0.48	Esperanza	2060	36.00	5	
24-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Día	25	1.4	Desmonte	Ok	19		75	97%	121	4.17	10.43	95%		8.15	0.78	1.95	5.82	0.43	0.47	38.00	2	
24-jul	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19		30	65	97%	112	2.78	6.96	95%		10.35	1.49	3.72	7.39	0.54	0.47	39.00	3
24-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19		95	97%	107	4.32	10.81	98%		10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	35.00	0	
25-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	25	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	98%	122	4.32	10.81	97%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	43.00	0
25-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Día	22	1.4	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	107	4.17	10.43	95%		10.34	0.99	2.48	7.39	0.54	0.47	42.00	3
25-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Noche	21	1.4	Desmonte	Ok	19		95	97%	102	4.17	10.43	95%		10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	44.00	0	
26-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	27	1.4	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	131	4.17	10.43	95%		10.34	0.99	2.48	7.39	0.54	0.47	36.00	2
26-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Día	22	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	98%	108	4.32	10.81	97%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	38.00	3
26-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Noche	25	1.4	Desmonte	Ok	20		20	80	98%	122	4.17	10.43	94%		10.89	1.04	2.61	7.78	0.54	0.47	35.00	2
26-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Noche	20	1.4	Desmonte	Ok	18		20	75	98%	98	4.17	10.43	94%		10.34	0.99	2.48	7.39	0.57	0.47	35.00	6
27-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	22	1.4	Desmonte	Ok	19		20	75	98%	108	4.17	10.43	94%		10.34	0.99	2.48	7.39	0.54	0.47	43.00	5
27-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Día	25	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	121	4.32	10.81	98%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	42.00	3
27-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Noche	20	1.4	Desmonte	Ok	19		20	75	98%	98	4.17	10.43	94%		10.34	0.99	2.48	7.39	0.54	0.47	44.00	5
27-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	98%	108	4.32	10.81	97%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	42.00	2
28-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	27	1.4	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	131	4.17	10.43	95%		10.34	0.99	2.48	7.39	0.54	0.47	38.00	0
28-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Día	23	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	112	4.32	10.81	98%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	39.00	0
28-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Noche	23	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	112	4.32	10.81	98%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	40.00	0
28-jul	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Noche	21	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	98%	103	4.32	10.81	97%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	43.00	0
29-jul	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	25	1.45	Desmonte	Ok	19		20	75	97%	121	4.32	10.81	98%		10.34	0.96	2.39	7.13	0.54	0.48	45.00	0

20-ago	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Noche	25	1.4	Desmonte	Ok	19											10.3	0.9	2.48	7.38	0.54	0.47	42.0	0	2
20-ago	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Noche	26	1.45	Desmonte	Ok	20											10.8	1.0	2.51	7.5	0.54	0.48	41.0	0	3
20-ago	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	Noche	22	1.4	Desmonte	Ok	18											10.4	0.9	2.35	7	0.54	0.47	45.0	0	2
21-ago	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	18	1.4	Desmonte	Ok	15											10.4	0.8	2.08	6.21	0.58	0.47	42.0	0	2
21-ago	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Día	22	1.4	Desmonte	Ok	19											10.3	0.9	2.48	7.38	0.54	0.47	41.0	0	3
21-ago	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	Noche	25	1.45	Desmonte	Ok	19											10.8	0.9	2.39	7.12	0.54	0.48	35.0	0	2
21-ago	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	Noche	18	1.4	Desmonte	Ok	16											10.4	0.8	2.08	6.21	0.54	0.47	35.0	0	2
22-ago	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	Día	18	1.4	Desmonte	Ok	18											10.3	0.9	2.48	7.38	0.57	0.35	43.0	0	3
24-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	DÍA	20	1.4	Desmonte	Ok	18											10.4	0.9	2.34	6.99	0.54	0.35	40.0	0	2
24-nov	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	21	1.4	Desmonte	Ok	19											10.4	0.9	2.48	7.38	0.54	0.35	42.0	0	2
24-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	NOCHE	20	1.4	Desmonte	Ok	18											10.4	0.9	2.34	6.99	0.54	0.35	45.0	0	2
24-nov	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	21	1.4	Desmonte	Ok	19											10.3	0.9	2.48	7.38	0.54	0.35	42.0	0	3
25-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	DÍA	20	1.35	Desmonte	Ok	18											10.0	0.9	2.43	7.24	0.54	0.34	36.0	0	2
25-nov	Nv 1980 - XC 405 - 1.80x1.80	DÍA	14	1.4	Desmonte	Ok	13											10.4	0.6	1.69	5.05	0.54	0.35	38.0	0	2
25-nov	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	20	1.35	Desmonte	Ok	13											10.0	0.7	1.76	5.24	0.54	0.34	35.0	0	2
25-nov	Nv 1960 - XC 820 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	Ok	18											10.4	0.9	2.34	6.99	0.54	0.35	40.0	0	2
25-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	NOCHE	20	1.35	Desmonte	Ok	18											10.0	0.9	2.43	7.24	0.54	0.34	42.0	0	3
25-nov	Nv 1980 - XC 405 - 1.80x1.80	NOCHE	14	1.4	Desmonte	Ok	14											10.4	0.6	1.56	4.66	0.47	0.35	41.0	0	0
25-nov	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	20	1.35	Desmonte	Ok	18											10.0	0.9	2.43	7.24	0.54	0.34	42.0	0	0
26-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	DÍA	20	1.35	Desmonte	Ok	18											10.0	0.9	2.43	7.24	0.54	0.34	41.0	0	0
26-nov	Nv 1980 - XC 405 - 1.80x1.80	DÍA	14	1.4	Desmonte	Ok	13											10.4	0.6	1.69	5.05	0.54	0.35	36.0	0	2
26-nov	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	20	1.35	Desmonte	Ok	13											10.0	0.7	1.76	5.24	0.54	0.34	39.0	0	2
26-nov	Nv 1960 - XC 820 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	Ok	18											10.4	0.9	2.34	6.99	0.54	0.35	35.0	0	2
26-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	NOCHE	20	1.35	Desmonte	Ok	18											10.0	0.9	2.43	7.24	0.54	0.34	35.0	0	2
26-nov	Nv 1980 - XC 405 - 1.80x1.80	NOCHE	14	1.4	Desmonte	Ok	14											10.4	0.6	1.56	4.66	0.47	0.35	35.0	0	2
26-nov	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	20	1.35	Desmonte	Ok	18											10.0	0.9	2.43	7.24	0.54	0.34	43.0	0	3
27-nov	Nv 2020 - GL 430 - 1.80x1.80	DÍA	20	1.3	Desmonte	Ok	18											9.78	1.0	2.52	7.52	0.54	0.33	41.0	0	0
27-nov	Nv 1980 - XC 405 - 1.80x1.80	DÍA	14	1.4	Desmonte	Ok	13											10.4	0.6	1.69	5.05	0.54	0.35	45.0	0	2

26-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.5	Desmonte	Ok	19	90	90	98%	113	4.47	11.18	100%	9.86	0.88	2.21	6.57	0.52	0.5	35.00	0
27-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	25	1.45	Desmonte	Ok	19	95	95	96%	121	4.32	10.81	99%	10.41	0.96	2.41	7.18	0.55	0.48	41.00	0
27-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.45	Desmonte	Ok	19	90	90	96%	111	4.32	10.81	99%	9.86	0.91	2.28	6.8	0.52	0.48	44.00	0
28-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.35	Desmonte	Ok	19	95	95	96%	110	4.02	10.06	92%	10.41	1.03	2.59	7.71	0.55	0.45	39.00	0
28-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.35	Desmonte	Ok	19	90	95	95%	109	4.02	10.06	93%	10.41	1.03	2.59	7.71	0.55	0.45	35.00	0
29-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.45	Desmonte	Ok	19	95	95	96%	111	4.32	10.81	99%	10.41	0.96	2.41	7.18	0.55	0.48	35.00	0
29-abr	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19	90	95	96%	106	4.32	10.81	99%	10.41	0.96	2.41	7.18	0.55	0.48	43.00	0
02-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	20	1.45	Desmonte	Ok	19	95	95	95%	95	4.32	10.81	100%	10.41	0.96	2.41	7.18	0.55	0.48	36.00	2
03-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.45	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.32	10.81	98%	10.41	0.96	2.41	7.18	0.55	0.48	42.00	4
03-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.4	Desmonte	Ok	19	90	90	95%	105	4.17	10.43	97%	9.86	0.95	2.36	7.04	0.52	0.47	44.00	3
04-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	38.00	2
04-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19	90	90	95%	105	4.32	10.81	100%	9.86	0.91	2.28	6.8	0.52	0.48	35.00	2
05-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	42.00	4
05-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	22	1.45	Desmonte	Ok	19	90	90	95%	105	4.32	10.81	100%	9.86	0.91	2.28	6.8	0.52	0.48	45.00	2
06-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	41.00	3
06-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	38.00	2
07-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	35.00	2
07-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	35.00	1
08-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	41.00	5
08-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.42	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.23	10.58	96%	10.41	0.98	2.46	7.33	0.55	0.47	41.00	2
09-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Día	23	1.4	Desmonte	Ok	19	95	95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.41	1	2.49	7.44	0.55	0.47	39.00	2
09-ma y	Nv 2060 - GL 140 W - 1.80x1.80	Noche	23	1.38	Desmonte	Ok	19	95	95	98%	112	4.11	10.28	93%	10.41	1.01	2.53	7.54	0.55	0.46	43.00	2
13-ma y	Nv 1980 - XC 340 N - 1.80x1.80	Día	17	1.4	Desmonte	Ok	14		20 50	96%	82	4.17	10.43	95%	7.63	0.73	1.83	5.45	0.55	0.7	41.00	3
14-ma y	Nv 1980 - XC 340 N - 1.80x1.80	Día	18	1.43	Desmonte	Ok	15		25 50	97%	87	4.26	10.66	97%	8.18	0.77	1.92	5.72	0.55	0.72	36.00	2

08-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	24	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	117	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	41.00	3
08-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	35.00	4
08-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	NOCHE	18	1.45	Desmonte	OK	16								80	98%	89	4.32	10.81	97%	8.70	0.81	2.01	6	0.54	0.48	35.00	5
08-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	43.00	3
09-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	96%	111	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	41.00	3
09-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	45.00	2
09-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	24	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	117	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	44.00	2
09-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	42.00	2
10-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	24	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	117	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	41.00	2
10-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	96%	111	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	36.00	2
10-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	38.00	1
10-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	24	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	117	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	35.00	4
10-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	96%	111	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	35.00	5
10-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	35.00	2
11-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	22	1.45	Desmonte	OK	19								95	96%	106	4.32	10.81	99%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.36	41.00	3
11-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	25	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	121	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	45.00	2
11-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.45	Desmonte	OK	19								95	96%	111	4.32	10.81	99%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.36	35.00	2
11-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	25	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	121	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	40.00	4
12-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.35	42.00	2
12-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	96%	111	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	38.00	2
12-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	96%	111	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	35.00	2
13-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	21	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	102	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	42.00	1
13-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	NOCHE	9	1.4	Desmonte	OK	6								30	96%	43	4.17	10.43	96%	3.26	0.31	0.78	2.33	0.54	0.47	39.00	3
13-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	18	1.4	Desmonte	OK	19								95	96%	87	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	35.00	2
13-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	25	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	121	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	41.00	2
14-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	21	1.45	Desmonte	OK	19								95	97%	102	4.32	10.81	98%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48	44.00	2
14-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	OK	19								95	97%	112	4.17	10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47	42.00	2
14-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	4		Desmonte	Desquinche	4								8						0.87		# DIV/0!	# DIV/0!	0.22		41.00	2

15-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	4		Desmonte	Desquinche	4											0.87		#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.22		41.00	2
15-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.4	Desmonte	OK	18					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.57	0.47			0.57	0.47	45.00	3
15-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	18	1.4	Desmonte	OK	17					10.43	96%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.61	0.47			0.61	0.47	44.00	2
15-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	NOCHE	15	1.4	Desmonte	OK	15					10.43	95%	8.15	0.78	1.95	5.82	0.54	0.47			0.54	0.47	36.00	2
15-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47			0.54	0.47	38.00	2
15-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47			0.54	0.47	40.00	5
15-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.47			0.54	0.47	42.00	2
16-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	DÍA	15	1.45	Desmonte	OK	15					10.81	98%	8.15	0.75	1.89	5.62	0.54	0.48			0.54	0.48	41.00	3
16-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	DÍA	23	1.45	Desmonte	OK	19					10.81	99%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48			0.54	0.48	45.00	2
16-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	19	1.45	Desmonte	OK	17					10.81	99%	9.24	0.86	2.14	6.37	0.54	0.48			0.54	0.48	44.00	3
16-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	NOCHE	16	1.45	Desmonte	OK	15					10.81	98%	7.07	0.65	1.64	4.88	0.47	0.48			0.47	0.48	41.00	2
16-sep	Nv 1980 - GL 375 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.45	Desmonte	OK	19					10.81	99%	10.33	0.96	2.39	7.12	0.54	0.48			0.54	0.48	36.00	2
16-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	22	1.4	Desmonte	OK	18					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.57	0.47			0.57	0.47	38.00	2
17-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	DÍA	18	1.4	Desmonte	OK	16					10.43	95%	8.70	0.83	2.08	6.21	0.54	0.47			0.54	0.47	35.00	2
17-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	4		Desmonte	Desquinche	4											0.87		#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.22		40.00	4
17-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	19	1.45	Desmonte	OK	17					10.81	99%	8.70	0.81	2.01	6	0.51	0.48			0.51	0.48	42.00	5
17-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	NOCHE	16	1.45	Desmonte	OK	16					10.81	99%	8.70	0.81	2.01	6	0.54	0.48			0.54	0.48	44.00	2
17-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	2		Desmonte	Desquinche	2											0.22		#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.11		42.00	3
17-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1	Desmonte	OK	19					10.33	68%	10.33	1.39	3.47	10.33	0.54	0.33			0.54	0.33	41.00	2
18-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	DÍA	18	1.45	Desmonte	OK	16					10.81	98%	8.70	0.81	2.01	6	0.54	0.48			0.54	0.48	35.00	2
18-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	18	1.45	Desmonte	OK	17					10.81	98%	8.70	0.81	2.01	6	0.51	0.48			0.51	0.48	35.00	2
18-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	NOCHE	18	1.4	Desmonte	OK	16					10.43	95%	8.70	0.83	2.08	6.21	0.54	0.47			0.54	0.47	42.00	4
18-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	NOCHE	23	1.4	Desmonte	OK	19					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.38	0.54	0.35			0.54	0.35	42.00	3
19-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	DÍA	21	1.4	Desmonte	OK	18					10.43	95%	10.33	0.99	2.48	7.39	0.57	0.47			0.57	0.47	41.00	2
19-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	DÍA	5		Desmonte	Desquinche	5											1.30		#iDIV/0!	#iDIV/0!	0.26		35.00	2
19-sep	Nv 1940 - GL 560 - 1.80x1.80	DÍA	19	1.35	Desmonte	OK	18					10.06	92%	10.33	1.03	2.57	7.66	0.57	0.45			0.57	0.45	35.00	2
19-sep	Nv 2020 - XC 390 - 1.80x1.80	NOCHE	16	1.4	Desmonte	OK	15					10.43	95%	7.07	0.68	1.69	5.05	0.47	0.35			0.47	0.35	42.00	1
19-sep	Nv 1940 - GL 350 - 1.80x1.80	NOCHE	22	1.4	Desmonte	OK	18					10.43	95%	9.78	0.94	2.34	6.99	0.54	0.47			0.54	0.47	41.00	2

