

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Propuesta de Metodología Geoestadística para la Determinación del Potencial
de Rotura y Deslizamiento en Macizos Rocosos: Comparación con
Metodología Existente y Aplicación en un Yacimiento Minero ubicado en el
Distrito de Alto Inambari, Provincia de Sandia, Departamento de Puno**

Tesis presentada por el Bachiller:

Tejada Marín, Álvaro Gonzalo

ORCID: 0009-0002-6747-3841

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Ticona Baldárrago, Augusto Isrrael

ORCID: 0000-0003-3429-8696

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 03 de Junio del 2024

Dictamen: 010415-C-EPIC-2024

Visto el borrador del expediente 010415, presentado por:

2010241081 - TEJADA MARIN ALVARO GONZALO

Titulado:

PROPUESTA DE METODOLOGÍA GEOESTADÍSTICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE ROTURA Y DESLIZAMIENTO EN MACIZOS ROCOSOS: COMPARACIÓN CON METODOLOGÍA EXISTENTE Y APLICACIÓN EN UN YACIMIENTO MINERO UBICADO EN EL DISTRITO DE ALTO INAMBARI, PROVINCIA DE SANDIA, DEPARTAMENTO DE PUNO

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO CIVIL

**29329377 - NEIRA ARENAS JULY LILIAM
DICTAMINADOR**



**41481170 - GAMARRA TUCO RUBEN FRANCISCO
DICTAMINADOR**



**41587204 - GARCIA GODOS PEÑALOZA LUZ MATILDE
DICTAMINADOR**



Propuesta de Metodología Geoestadística para la Determinación del Potencial de Rotura y Deslizamiento en Macizos Rocosos: Comparación con Metodología Existente y Aplicación en un Yacimiento Minero ubi

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	docplayer.es Fuente de Internet	1%
4	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	cg.ensmp.fr Fuente de Internet	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	qdoc.tips Fuente de Internet	1%



Dedicado a Claudia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente al Dr. Alfredo Marín Suárez, quien fue el primer graduado de Doctor en Geoestadística en América teniendo como miembro del jurado a Georges Matheron, creador de esta disciplina.

La invaluable guía y sabiduría del Dr. Marín han sido esenciales para el desarrollo de esta tesis. Su pasión por la geoestadística y su profundo conocimiento han enriquecido mi formación y transformado mi perspectiva del mundo científico.

Su erudición y apoyo constante han sido pilares fundamentales en mi camino. Le expreso mi más sincero agradecimiento y profunda admiración.

RESUMEN

Este proyecto de tesis presenta un enfoque innovador para la determinación del Potencial de Rotura y Deslizamiento (PRD) en macizos rocosos, un aspecto crucial en la industria minera y de la construcción. La Metodología B, como se ha denominado, supera las limitaciones de los métodos actuales al incorporar la propiedad direccional de los parámetros FF (Frecuencia de Fracturas) y RQD (Designación de Calidad de la Roca) en la estimación del parámetro geotécnico RMR (Rock Mass Rating). La Metodología B se basa en una estimación vectorial de las direcciones de las fracturas, una técnica novedosa cuya aplicación se valida en este proyecto. Además, utiliza simulaciones condicionales para obtener un modelo tridimensional del potencial de rotura y deslizamiento en el yacimiento. Dentro de esta metodología, se realiza una categorización basada en los valores simulados. Aunque estas prácticas no son comunes en la industria minera actual, los resultados preliminares muestran que la Metodología B proporciona estimaciones más precisas y confiables que la Metodología A, que se basa en la técnica Kriging sin considerar la propiedad de direccionalidad de los parámetros geotécnicos y es una de las más utilizadas en el campo. Esto tiene implicaciones positivas para la seguridad de las operaciones mineras, la protección del medio ambiente y la economía de las empresas mineras. Además, la metodología propuesta tiene el potencial de aplicarse en otras áreas de la ingeniería civil, contribuyendo así a mejorar la seguridad de diversas obras civiles. En resumen, este proyecto de tesis busca contribuir a la seguridad y sostenibilidad de la minería y la construcción en la región de Puno y en todo Perú.

Palabras clave: Kriging ordinario, simulación condicional, Kriging vectorial.

ABSTRACT

This thesis project presents an innovative approach for determining the Rock Mass Rating (RMR) in rock masses, a crucial aspect in the mining and construction industry. The so-called Methodology B surpasses the limitations of current methods by incorporating the directional property of the FF (Fracture Frequency) and RQD (Rock Quality Designation) parameters in estimating the geotechnical parameter RMR. Methodology B is based on a vectorial estimation of fracture directions, a novel technique validated in this project. Additionally, it utilizes conditional simulations to obtain a three-dimensional model of the rock mass rupture and sliding potential. Within this methodology, a categorization based on simulated values is performed. Although these practices are not common in the current mining industry, preliminary results show that Methodology B provides more accurate and reliable estimates than Methodology A, which relies on Kriging without considering the directional property of geotechnical parameters and is one of the most widely used techniques in the field. This has positive implications for mining operations safety, environmental protection, and mining companies' economy. Furthermore, the proposed methodology has the potential to be applied in other areas of civil engineering, contributing to enhancing safety in various civil works. In summary, this thesis project aims to contribute to the safety and sustainability of mining and construction in the Puno region and throughout Peru.

Keywords: Ordinary Kriging, conditional simulation, vectorial Kriging.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. Planteamiento del Problema	4
1.1. Problemática de la Investigación.....	4
1.1.1. Problema general	4
1.1.2. Problemas específicos.....	5
1.2. Justificación de la Investigación	7
1.2.1. Justificación ambiental.....	7
1.2.2. Justificación social.....	7
1.2.3. Justificación económica.....	7
1.2.4. Justificación tecnológica.....	8
1.2. Hipótesis.....	8
1.2.1. Hipótesis general.....	8
1.2.2. Hipótesis específicas.....	8
1.3. Objetivos de la Investigación	9
1.3.1. Objetivo General.....	9
1.3.2. Objetivos Específicos.....	9
1.4. Alcances y limitaciones	10
1.4.1. Alcances.....	10
1.4.2. Limitaciones.....	10
1.5. Matriz de consistencia	12

CAPÍTULO II

2. Fundamento Teórico	15
2.1. Estado del Arte	15
2.2. Antecedentes de la Investigación	16
2.2.1. Publicaciones internacionales	16
2.2.1. Publicaciones nacionales	17
2.3. Marco Teórico.....	18
2.3.1. Geotecnia y geomecánica.....	18
2.3.1.1. Clasificación Geomecánica de Bieniawski.....	18
2.3.1.2. Relación teórica de FF y RQD.....	23
2.3.1.3. Familia de Fracturas.....	24
2.3.2. Concepto de direccionalidad.....	25
2.3.3. Correcciones de Terzaghi.....	25
2.3.3. Geoestadística	26
2.3.3.1. Variable Regionalizada.....	26
2.3.3.2. Momentos de una Variable Regionalizada.....	27
2.3.3.3. Función Aleatoria.....	27
2.3.3.4. Estacionariedad.....	28
2.3.3.5. Estacionariedad de Segundo Orden.....	28
2.3.3.6. Análisis Variográfico.....	29
2.3.3.7. Variogramas Teóricos.....	31
2.3.3.8. Interpolación por Krigeage de Matheron.....	34
2.3.3.9. Simulación Geoestadística.....	36
2.3.4. Validación cruzada de retención.....	36
2.3.4.1. Gráficas QQ y PP.....	36
2.3.4.2. Prueba de Kolmogórov-Smirnov	36

CAPÍTULO III

3. Metodología Propuesta	38
3.1. Tipo y Nivel de la Investigación	39
3.2. Diseño de la Investigación	40
3.2.1. Variables independientes.....	40
3.2.2. Variable dependiente.....	40
3.2.3. Indicadores.....	41
3.3. Operacionalización de variables.....	41
3.4. Métodos de investigación.....	42
3.4.1. Población y Muestra	42
3.4.1.1. Población.....	42
3.4.1.2. Muestra.....	42
3.4.2. Obtención de datos.....	42
3.4.3. Sondeo por perforación con recuperación de testigo continuo	43
3.4.4. Metodología Propuesta	43
3.4.5. Área de estudio	45

CAPÍTULO IV

4. Resultados y Discusiones	47
4.1. Resultados.....	47
4.1.1. Análisis exploratorio de datos	47
4.1.2. Correcciones de Terzaghi.....	48
4.1.2.1. Selección de puntos representativos.....	48
4.1.2.2. Análisis variográfico vectorial	51
4.1.2.3. Corrección de valores de FF y RQD.....	54
4.1.3. Interpolaciones de parámetro RMR	59
4.1.3.1. Metodología A.....	59

4.1.3.2. Metodología B.....	64
4.1.4. Comparación de resultados de validaciones	68
4.1.4.1. Validaciones cruzadas de retención.....	68
4.1.5. Modelos tridimensionales generados	74
4.1.6. Potencial de rotura y deslizamiento	80
4.2. Discusiones.....	86
CAPÍTULO V	
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	89
5.1. Conclusiones	89
5.2. Recomendaciones	92
CAPÍTULO VI	
6. Referencia	95
ANEXOS.....	99

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ejemplo gráfico y numérico de cálculo de RQD</i>	20
Figura 2 <i>Relación de parámetros FF y RQD establecida por Priest y Hudson</i>	24
Figura 4 <i>Parámetros del variograma</i>	30
Figura 5 <i>Características de una variable regionalizada presentadas en un variograma</i>	31
Figura 6 <i>Modelo de efecto pepita puro</i>	32
Figura 7 <i>Modelo de variograma esférico</i>	33
Figura 8 <i>Modelo de variograma experimental o de Formery</i>	33
Figura 9 <i>Modelo de variograma gaussiano</i>	34
Figura 10 <i>Histogramas de los datos de RQD y FF</i>	47
Figura 11 <i>Gráfico de dispersión de valores de FF y RQD</i>	48
Figura 12 <i>Representatividad de valores de FF a diferentes rangos de búsqueda</i>	49
Figura 13 <i>Vista de los puntos seleccionados</i>	50
Figura 14 <i>Variograma omnidireccional de componentes en X de direcciones de familias de fracturas</i> ...	51
Figura 15 <i>Variograma omnidireccional de componentes en Y de direcciones de familias de fracturas</i> ...	52
Figura 16 <i>Variograma omnidireccional de componentes en Z de direcciones de familias de fracturas</i> ...	52
Figura 17 <i>Sección de modelo tridimensional de vectores unitarios estimados</i>	54
Figura 18 <i>Histogramas de valores de FF originales (izquierda) y de FF corregidos (derecha)</i>	55
Figura 19 <i>Gráfico de dispersión de valores de FF originales VS FF corregidos</i>	56
Figura 20 <i>Histogramas de valores de RQD originales (izquierda) y corregidos (derecha)</i>	57
Figura 21 <i>Gráfico de dispersión de valores de RQD originales VS RQD corregidos</i>	58
Figura 22 <i>Gráfico de dispersión de valores de FF y RQD corregidos</i>	59
Figura 23 <i>Histograma y valores estadísticos básicos de RMR</i>	60
Figura 24 <i>Disposición espacial de valores de RMR</i>	60
Figura 25 <i>Variograma Omnidireccional de RMR</i>	61

Figura 26	<i>Histograma y valores estadísticos básicos de la estimación por kriging de bloques de RMR..</i>	62
Figura 27	<i>Modelo de bloques estimado por kriging de valores de RMR.....</i>	63
Figura 28	<i>Histograma y valores estadísticos básicos de RMR_C</i>	64
Figura 29	<i>Disposición espacial de valores de RMR_C.....</i>	65
Figura 30	<i>Variograma Omnidireccional de valores de RMR_C transformados.....</i>	66
Figura 31	<i>Histograma y valores estadísticos básicos de promedios de las simulaciones para RMR.....</i>	67
Figura 32	<i>Modelo de bloques de promedios de valores simulados.....</i>	68
Figura 33	<i>Comparación de histogramas de valores de RMR.....</i>	69
Figura 34	<i>Gráficas Cuantil-Cuantil (QQ Plot) de valores medidos VS valores obtenidos mediante metodología A (izquierda) y metodología B (derecha)</i>	71
Figura 35	<i>Gráfica Probabilidad-Probabilidad (PP Plot) de valores medidos VS valores obtenidos mediante metodología A (izquierda) y metodología B (derecha).....</i>	71
Figura 36	<i>Histogramas de Errores Cuadráticos Medios de valores interpolados por bloque</i>	73
Figura 37	<i>Sección horizontal de modelo de bloques de RMR estimados mediante Metodología A</i>	74
Figura 38	<i>Sección horizontal de modelo de bloques de Varianza de Kriging</i>	75
Figura 39	<i>Plano de categorización de estimaciones realizadas a partir de varianza de Kriging</i>	76
Figura 40	<i>Sección horizontal de modelo de bloques de promedio de 100 valores simulados de RMR mediante Metodología B</i>	78
Figura 41	<i>Sección horizontal de modelo de bloques de variabilidad de 100 valores simulados mediante Metodología B.....</i>	79
Figura 42	<i>Planos de potencial de rotura y deslizamiento en el nivel 2,100 m. s. n. m.</i>	80
Figura 43	<i>Cantidad de bloques de cada clasificación de PRD en modelos tridimensionales</i>	81
Figura 44	<i>Planos de probabilidades de clasificación de potencial de rotura y deslizamiento según Metodología B</i>	82
Figura 45	<i>Histograma de probabilidades de caracterizaciones según Metodología B.....</i>	84
Figura 46	<i>Plano de categorización de valores interpolados según Metodología B.....</i>	85

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Valores de parámetros usados para determinar el índice RMR</i>	22
Tabla 2 <i>Clasificación de la muestra de roca según Bieniawski y potencial de rotura y deslizamiento.</i>	23
Tabla 3 <i>Características de la metodología de la investigación</i>	39
Tabla 4 <i>Operacionalización de variables</i>	41
Tabla 5 <i>Segmento de base de datos</i>	43
Tabla 6 <i>Parámetros estadísticos básicos de valores de FF originales y corregidos</i>	55
Tabla 7 <i>Parámetros estadísticos básicos de valores de RQD originales y corregidos</i>	57
Tabla 8 <i>Valores estadísticos básicos de puntos seleccionados para validación y puntos interpolados con ambas metodologías</i>	70
Tabla 9 <i>Resultados de prueba de Kolmogórov-Smirnov</i>	72
Tabla 10 <i>Valores estadísticos descriptivos de los Errores Cuadráticos Medios</i>	73
Tabla 11 <i>Categorización de valores estimados en función de la confiabilidad de la estimación</i>	76
Tabla 12 <i>Cantidad de bloques interpolados según su clasificación PRD</i>	82
Tabla 13 <i>Categorización de valores interpolados según metodología B</i>	84

INTRODUCCIÓN

La construcción y la minería son industrias que requieren una evaluación precisa del riesgo de rotura y deslizamiento en macizos rocosos. Este factor es esencial, ya que influye directamente en la seguridad operacional, la estabilidad de las estructuras, la protección ambiental y la rentabilidad de las empresas. En la actualidad, se emplean varios métodos para calcular el índice RMR (Rock Mass Rating), un parámetro geotécnico esencial para determinar el riesgo de rotura de los macizos rocosos. Sin embargo, estos métodos tienen sus limitaciones, principalmente porque no toman en cuenta la propiedad direccional de los parámetros FF (Fracture Frequency) y RQD (Rock Quality Designation). Esta omisión puede resultar en cálculos incorrectos del valor de RMR y, por lo tanto, en interpolaciones imprecisas que pueden llevar a la generación de mapas de riesgo de rotura incorrectos. Este proyecto de tesis introduce la Metodología B, una propuesta que busca superar estas limitaciones.

En el Capítulo I, se aborda la problemática actual en las técnicas de interpolación geotécnicas aplicadas en el yacimiento minero “La Poderosa Miski” y otros yacimientos similares. A menudo, se emplean las mismas técnicas de interpolación utilizadas en recursos mineros para determinar modelos geotécnicos. Sin embargo, esto no es apropiado, ya que las variables geotécnicas tienen propiedades distintas a las de los recursos mineros. En este capítulo, se presentan justificaciones relevantes en diversos ámbitos, cruciales para la industria de la construcción, la minería y la sociedad en general. Además, se exponen las hipótesis, objetivos, alcances y limitaciones del proyecto, plasmados en una Matriz de Consistencia al final del capítulo.

En el Capítulo II, se explora el estado del arte y los antecedentes de la investigación. Se destaca que las investigaciones sobre la aplicación de la geoestadística en la geotecnia están en sus primeras etapas, lo que representa una oportunidad crucial para la ingeniería civil. Además, se presenta el marco teórico que engloba el proyecto, incluyendo las definiciones fundamentales de los parámetros geotécnicos necesarios para determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento, así como el comportamiento

geomecánico de los macizos rocosos. También se describen las bases de la geoestadística y sus herramientas para interpolar modelos de bloques y validarlos mediante enfoques estadísticos.

En el Capítulo III, titulado “Metodología Propuesta”, se detallan las características de este trabajo de investigación. Se aborda el tipo y nivel de la investigación, se presentan las variables dependientes e independientes, y se describen la población y la muestra utilizadas para las interpolaciones geoestadísticas. Destaca especialmente la aplicación de una técnica poco explorada hasta la fecha: la “estimación geoestadística vectorial aplicada a parámetros geotécnicos”. Esta metodología representa un avance significativo en la aplicación de la geoestadística en geotecnia.

En el Capítulo IV, se analizan los resultados obtenidos. Se examina cómo las correcciones basadas en la estimación de los vectores unitarios normales de los planos que componen las familias de fracturas del macizo rocoso afectan la correlación entre los parámetros de Frecuencia de Fracturas (FF) y Designación de Calidad de la Roca (RQD). Además, se destaca que la metodología B se muestra más confiable y representativa que la Metodología A.

En el Capítulo V, se presentan las discusiones de los resultados obtenidos, basadas en investigaciones recientes sobre la geoestadística aplicada a la geotecnia y la ingeniería civil. A continuación, se exponen las conclusiones y recomendaciones.



CAPÍTULO I

1. Planteamiento del Problema

1.1. Problemática de la Investigación

1.1.1. Problema general

La aplicación de técnicas geoestadísticas en la industria minera ha sido ampliamente adoptada para estimar recursos mineros. Sin embargo, existe una brecha significativa en la adaptación de estas metodologías a los parámetros geotécnicos, cuyas propiedades difieren sustancialmente de las leyes de minerales. Uno de los aspectos críticos que se ha pasado por alto es la direccionalidad de medición en los parámetros geotécnicos, como la Frecuencia de Fracturas (FF) y la Designación de la Calidad de la Roca (RQD) en los macizos rocosos. Esta falta de consideración puede afectar la precisión y confiabilidad de los modelos geotécnicos, lo que, a su vez, tiene implicaciones directas en la seguridad de las operaciones mineras y la sostenibilidad ambiental.

Desde la perspectiva de la ingeniería civil, este estudio adquiere una relevancia aún mayor. La correcta estimación del Potencial de Rotura y Deslizamiento en macizos rocosos no solo impacta la seguridad en la minería, sino también la estabilidad de obras civiles, como túneles, presas, cimentaciones y excavaciones subterráneas. La metodología propuesta en el presente proyecto, que incorpora la propiedad direccional de los parámetros geotécnicos, podría ofrecer una mejora sustancial en la precisión de los modelos, lo que beneficiaría tanto a la industria minera como a la ingeniería civil en general.

Se plantea este problema general como forma de explorar cómo superar la brecha existente y mejorar la precisión y robustez en los resultados de la interpolación del Potencial de Rotura y Deslizamiento, contribuyendo así a la seguridad y sostenibilidad en ambas disciplinas.

1.1.2. Problemas específicos

1. La correlación encontrada en los estudios geotécnicos entre las variables FF y RQD en distintos yacimientos mineros, incluyendo el yacimiento “La Poderosa Miski”, no coincide con las correlaciones teóricas previamente establecidas, como las encontradas en el estudio realizado por Priest y Hudson. Esto sugiere que los valores medidos en los sondeos pueden estar afectados por sesgos de medición.

2. La falta de consideración de la propiedad direccional de los parámetros geotécnicos FF y RQD ha llevado a una correlación insuficiente entre estos parámetros. Esto puede afectar la precisión de los modelos geotécnicos utilizados en la industria minera y la ingeniería civil, lo que a su vez podría comprometer la seguridad de las operaciones.

3. Al detectarse posibles errores en la medición de los parámetros geotécnicos, el cálculo de los índices RMR (Rock Mass Rating), utilizados para evaluar el Potencial de Rotura y Deslizamiento (PRD), podría realizarse de manera incorrecta. Esto podría llevar a la creación de un modelo tridimensional de PRD que no refleje adecuadamente la realidad geotécnica.

4. La herramienta de interpolación geoestadística “Kriging” proporciona resultados limitados al estimar un único valor. Es posible obtener un análisis más completo y robusto de los valores simulados mediante el uso de interpolaciones por medio de Simulaciones Estocásticas Condicionales.

La determinación del potencial de rotura y deslizamiento en macizos rocosos llevado a cabo por ingenieros civiles es un aspecto fundamental en la industria minera, ya que tiene un impacto directo en la seguridad de las operaciones y la estabilidad de las instalaciones.

En la industria minera actual, se utiliza un método de interpolación del parámetro geotécnico RMR (Rock Mass Rating) para determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento (PRD) de los macizos rocosos. Este parámetro RMR se calcula a partir de los valores muestreados de los parámetros RQD (Rock Quality Designation), FF (Fracture Frequency), UCS (Uniaxial Compressive Strength), JC (Joint Condition) y WC (Water Condition).

Sin embargo, este método presenta una limitación significativa: no considera la propiedad direccional de los parámetros FF y RQD. Específicamente, estos parámetros pueden presentar valores

diferentes cuando se muestrean en diferentes direcciones de perforación en el mismo punto. Esta variabilidad direccional puede provocar un cálculo erróneo del valor de RMR.

Como resultado, la interpolación resultante puede ser inexacta, lo que a su vez puede producir planos de PRD incorrectos. Esta inexactitud representa un desafío significativo para la industria minera, ya que puede afectar la precisión de las evaluaciones de estabilidad de los macizos rocosos y, por lo tanto, tiene implicaciones directas en la seguridad y eficiencia de las operaciones mineras.

Algunos de los métodos más comunes en la actualidad para realizar las estimaciones son los métodos de zonificación y promedios y el método de inverso a la distancia, los cuales son simples y fáciles de aplicar, pero tienen una precisión limitada y pueden estar sesgados en presencia de fracturas ya que no tienen en cuenta la variabilidad espacial de los parámetros del macizo rocoso.

La metodología propuesta se basará en la aplicación de técnicas geoestadísticas avanzadas, como la estimación vectorial unitaria y las simulaciones estocásticas condicionales, que permitan tener en cuenta la influencia de la dirección de las familias de fracturas de las variables geotécnicas.

A nivel regional, este proyecto contribuirá a mejorar la seguridad de las operaciones mineras en el departamento de Puno. El proyecto ayudará a las empresas mineras a identificar los riesgos de rotura y deslizamiento en sus yacimientos, lo que contribuirá a prevenir accidentes y daños a las instalaciones. Mientras que, a nivel nacional, el proyecto mejorará la seguridad de la minería en Perú. Los resultados serán utilizados por empresas mineras de todo el país, lo que reducirá el riesgo de accidentes mineros.

En general, el proyecto mejorará la seguridad y la sostenibilidad de la minería en la región Puno y en el resto del Perú, ya que contribuirá a prevenir accidentes mineros, como la rotura de taludes o la caída de rocas. Además, reducirá los costos de las empresas mineras, al evitar daños a las instalaciones y pérdidas de producción. Y también, protegerá el medio ambiente, al evitar la contaminación y la degradación del paisaje.

1.2. Justificación de la Investigación

La aplicación de la determinación del potencial de rotura y deslizamiento en macizos rocosos es un aspecto fundamental en la industria de la construcción, ya que tiene un impacto directo en la seguridad de las operaciones y la estabilidad de las instalaciones.

1.2.1. Justificación ambiental

La determinación del PRD de un macizo rocoso es un aspecto fundamental para la protección del medio ambiente. Los accidentes en obras de excavaciones y construcción, como la rotura de taludes o la caída de rocas, pueden causar daños significativos al medio ambiente, como la contaminación del aire y del agua, la destrucción de la vegetación y la alteración del paisaje.

La aplicación de la metodología propuesta en este proyecto contribuirá a reducir el riesgo de estos accidentes, lo que tendrá un impacto positivo en el medio ambiente.

Además, esta metodología ayudará a las empresas mineras a cumplir con las regulaciones ambientales. Por ejemplo, si una empresa minera reduce la cantidad de residuos generados por las voladuras, cumplirá con las regulaciones ambientales y evitará sanciones.

1.2.2. Justificación social

La seguridad de los trabajadores es un aspecto fundamental para la sociedad. Los accidentes mineros pueden causar lesiones graves o la muerte de los trabajadores, lo que tiene un impacto negativo en las familias de los trabajadores y en la sociedad en general. La aplicación mostrada en este proyecto contribuirá a mejorar la seguridad de los trabajadores, lo que tendrá un impacto positivo en la sociedad.

1.2.3. Justificación económica

El uso del procedimiento geoestadístico propuesto contribuirá a optimizar los diseños del proyecto en cuanto a planificación de voladuras y excavaciones, lo que tendrá un impacto positivo en la economía de la empresa. Esta metodología ayudará a reducir los costos de las voladuras, identificando los puntos de voladura más seguros y eficientes, lo que reducirá el consumo de explosivos y la cantidad de residuos generados. También mejorará la productividad de las excavaciones, ayudando a identificar las zonas más estables para excavar, lo que reducirá el tiempo de excavación y el riesgo de accidentes. Estos

beneficios se traducirán en un aumento de las ganancias de la empresa, ya que se reducirán los costos y se aumentará la productividad.

1.2.4. Justificación tecnológica

La propuesta mostrada en este proyecto es una innovación tecnológica que contribuirá al desarrollo de la industria de la construcción y minería de la siguiente manera: Desarrollará nuevas tecnologías para el desarrollo de nuevos métodos de estimación del PRD, que serán más precisos y confiables que los métodos existentes. Mejorará la precisión y la confiabilidad de las estimaciones, ayudando a mejorar la precisión y la confiabilidad de las estimaciones del PRD, lo que reducirá el riesgo de accidentes durante ejecuciones de proyectos. Será utilizada en otras aplicaciones de la Ingeniería Civil, ya que puede ser utilizada tanto en otras ramas de la geotecnia como la mecánica de suelos o en las áreas de la hidrología, la ingeniería antisísmica o, en general, en cualquier estudio de variables regionalizadas.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis general

La aplicación de una metodología basada en la determinación aproximada de la disposición geográfica y geométrica de las familias de fracturas y la realización de simulaciones condicionales geoestadísticas puede generar una caracterización según el potencial de rotura y deslizamiento (PRD) más precisa y completa en el macizo rocoso del yacimiento minero “La Poderosa Miski”, ubicado en el distrito de Alto Inambari, provincia de Sandía, Puno.

1.2.2. Hipótesis específicas

1. La modificación de los valores de los parámetros geotécnicos FF (Frecuencia de Fracturas) y RQD (Índice de Calidad de la Roca), utilizados para determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento del yacimiento minero, basándose en una estimación de las direcciones de las fracturas en el macizo rocoso, puede alterar la correlación existente entre estos parámetros.

2. La modificación de los valores de los parámetros geotécnicos FF y RQD, basándose en una estimación de las direcciones de las fracturas en el macizo rocoso, puede tener un impacto significativo en la generación de un modelo de Potencial de Rotura y Deslizamiento.

3. La metodología propuesta tiene el potencial de generar un modelo tridimensional que represente de manera más precisa el comportamiento estadístico y espacial del Potencial de Rotura y Deslizamiento del yacimiento minero analizado.

4. La realización de simulaciones estocásticas condicionales de parámetros geotécnicos puede proporcionar una mayor cantidad de información en los resultados en comparación con la técnica de Kriging.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento del macizo rocoso utilizando simulaciones condicionales geoestadísticas y teniendo en cuenta la propiedad de direccionalidad de los parámetros geotécnicos y evaluar los resultados comparándolos con los obtenidos con una metodología basada en estimación por Kriging.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Evaluar el impacto de las correcciones de Terzaghi en la correlación numérica y diagramas de dispersión de los parámetros FF y RQD, basándose en una estimación vectorial de las direcciones de las fracturas en el macizo rocoso del yacimiento.

2. Examinar el efecto de la corrección de los valores de los parámetros FF y RQD en función de la determinación aproximada de las direcciones de las familias de fracturas, en la evaluación del Potencial de Rotura y Deslizamiento.

3. Verificar mediante pruebas estadísticas la representatividad de los modelos generados por ambas metodologías, comparándolos con los valores medidos en el mismo yacimiento analizado.

4. Evaluar la capacidad de las metodologías tratadas para generar una mayor cantidad de resultados analíticos.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Los alcances del trabajo presentado pertenecen a temas de investigación correspondientes a la Geoestadística y a la Geomecánica de Rocas y sus implicancias en la Ingeniería Civil aplicadas a la estabilidad de taludes.

El presente estudio se desarrolla haciendo uso de datos obtenidos de una toma de muestras por medio de sondajes del yacimiento minero La Poderosa Miski, ubicado en el distrito de Alto Inambari, provincia de Sandia, departamento de Puno.

Los datos obtenidos de los parámetros Resistencia a la compresión (UCS), Rock Quality Designation (RQD), Frecuencia de Fracturas (FF), Condición de las juntas (JC) y Condición del agua (WC) son producto de pruebas de laboratorio realizados de forma tercerizada por la empresa minera indicada.

El programa informático utilizado para realizar el estudio geoestadístico es el software libre S-GeMS de la universidad de Stanford.

Se hará uso del programa MS Excel y del lenguaje de programación Python para determinar las direcciones aproximadas de las familias de fracturas y los análisis estadísticos de datos iniciales y posteriores a las estimaciones.

1.4.2. Limitaciones

Se realizará el presente trabajo de investigación tomando en cuenta únicamente a los valores obtenidos de los parámetros por el proceso de sondeo en el yacimiento y los mapas topográficos correspondientes; no se considerarán las clasificaciones litológicas ni la descripción de los macizos rocosos (características de las fracturas, rellenos, materiales antrópicos, etc.) al no tener acceso a dicha información.

El proyecto se llevará a cabo en el yacimiento minero “La Poderosa Miski”, ubicado en el distrito de Alto Inambari, provincia de Sandia, Puno. Por lo tanto, los resultados del proyecto pueden no ser generalizables a otros yacimientos mineros.

El proyecto se limitará a la evaluación de las metodologías propuestas para estimar el potencial de rotura y deslizamiento. La metodología propuesta puede no ser aplicable a otros tipos de macizos rocosos o a otros tipos de fenómenos geológicos.

Los datos reales que se utilizarán en el proyecto son limitados. Por lo tanto, las estimaciones del potencial de rotura y deslizamiento pueden no ser precisas o confiables.



1.5. Matriz de consistencia

PROPUESTA DE METODOLOGÍA GEOESTADÍSTICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE ROTURA Y DESLIZAMIENTO EN MACIZOS ROCOSOS: COMPARACIÓN CON METODOLOGÍA EXISTENTE Y APLICACIÓN EN UN YACIMIENTO MINERO UBICADO EN EL DISTRITO DE ALTO INAMBARI, PROVINCIA DE SANDIA, DEPARTAMENTO DE PUNO				
Objetivo general	Hipótesis general	Indicadores	Población y muestra	Metodología
Determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento del macizo rocoso utilizando simulaciones condicionales geoestadísticas y teniendo en cuenta la propiedad de direccionalidad de los parámetros geotécnicos y evaluar los resultados comparándolos con los obtenidos con una metodología basada en estimación por Kriging.	La aplicación de una metodología basada en la determinación aproximada de la disposición geográfica y geométrica de las familias de fracturas y la realización de simulaciones condicionales geoestadísticas puede generar una caracterización según el potencial de rotura y deslizamiento (PRD) más precisa y completa en el macizo rocoso del yacimiento minero “La Poderosa Miski”, ubicado en el distrito de Alto Inambari, provincia de Sandia, Puno.	Caracterización del potencial de rotura y deslizamiento (PRD) basada en los valores de RMR interpolados por ambas metodologías	<p>Población: Conjunto total de bloques geológicos presentes en un mismo dominio geotécnico. Estos bloques forman parte del modelo geológico que se obtendrá mediante las interpolaciones geoestadísticas. En otras palabras, la población abarca todos los bloques que podrían estar afectados por las características geotécnicas que se está investigando.</p> <p>Muestra: Valores puntuales seleccionados para realizar la estimación vectorial y que se han utilizado para realizar las validaciones cruzadas y los análisis estadísticos. Estos puntos específicos se seleccionaron del total de puntos disponibles en la base de datos mediante un análisis estadístico de representatividad y están contenidos en los bloques de la Población.</p>	<p>Tipo de investigación: Cuantitativa.</p> <p>Según su diseño: Experimental</p> <p>Nivel: Explicativa.</p> <p>Método: Analítico.</p> <p>Diseño: Transversal.</p>
Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Indicadores		
Evaluar el impacto de las correcciones de Terzaghi en la correlación numérica y diagramas de dispersión de los parámetros FF y RQD, basándose en una estimación vectorial de las direcciones de las fracturas en el macizo rocoso del yacimiento.	La modificación de los valores de los parámetros geotécnicos FF (Frecuencia de Fracturas) y RQD (Índice de Calidad de la Roca), utilizados para determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento del yacimiento minero, basándose en una estimación de las direcciones de las fracturas en el macizo rocoso, puede alterar la correlación existente entre estos parámetros.	Análisis de variación en correlación entre parámetros FF y RQD antes y después de correcciones de Terzaghi.		

Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Indicadores				
Examinar el efecto de la corrección de los valores de los parámetros FF y RQD en función de la determinación aproximada de las direcciones de las familias de fracturas, en la evaluación del Potencial de Rotura y Deslizamiento.	La modificación de los valores de los parámetros geotécnicos FF y RQD, basándose en una estimación de las direcciones de las fracturas en el macizo rocoso, puede tener un impacto significativo en la generación de un modelo de Potencial de Rotura y Deslizamiento.	Comparación gráfica y numérica de las clasificaciones obtenidas para cada una de las unidades de los modelos de bloques generados por ambas metodologías				
Verificar mediante pruebas estadísticas la representatividad de los modelos generados por ambas metodologías, comparándolos con los valores medidos en el mismo yacimiento analizado.	La metodología propuesta tiene el potencial de generar un modelo tridimensional que represente de manera más precisa el comportamiento estadístico y espacial del Potencial de Rotura y Deslizamiento del yacimiento minero analizado.	Gráficas Cuantil-Cuantil (QQ) y Probabilidad-Probabilidad (PP), prueba de Kolmogórov-Smirnov y análisis de Errores Cuadráticos Medios				
Evaluar la capacidad de las metodologías tratadas para generar una mayor cantidad de resultados analíticos.	La realización de simulaciones estocásticas condicionales de parámetros geotécnicos puede proporcionar una mayor cantidad de información en los resultados en comparación con la técnica de Kriging.	Análisis de cantidad de Modelos de Bloques generados por ambas metodologías				



CAPÍTULO II

2. Fundamento Teórico

2.1. Estado del Arte

El estado del arte en la estimación del Potencial de Rotura y Deslizamiento (PRD) en macizos rocosos se basa en la teoría y la evidencia empírica desarrollada en las últimas décadas. Las metodologías existentes se pueden dividir en dos categorías principales:

Enfoque geomecánico: Estas se fundamentan en el análisis de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso, como la resistencia a la compresión uniaxial, la resistencia al corte, el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson.

Enfoque geológico: Estas se apoyan en el estudio de la disposición geográfica y geométrica de las fracturas en el macizo rocoso.

Las metodologías geomecánicas son ampliamente utilizadas en la industria minera. Aunque son relativamente precisas y confiables, requieren una gran cantidad de datos geomecánicos. Por otro lado, las metodologías geológicas son menos comunes en la industria minera, pero resultan más rápidas y económicas de aplicar.

En los últimos años, han surgido nuevas metodologías que combinan aspectos de ambas disciplinas para estimar el potencial de rotura y deslizamiento en macizos rocosos. Estas tienen el potencial de mejorar la precisión y confiabilidad de las estimaciones.

El proyecto propuesto se basa en una metodología específica para evaluar el potencial de rotura y deslizamiento en macizos rocosos. Se comparará su efectividad con la metodología actualmente empleada en la industria minera.

A pesar de que la geoestadística en ingeniería geotécnica es aún poco explorada, algunas publicaciones ya abordan cómo enfrentar los desafíos al utilizar variables geotécnicas para realizar estimaciones espaciales. Entre estos desafíos se encuentra la direccionalidad de las variables.

2.2. Antecedentes de la Investigación

En los últimos años, la exploración de técnicas geoestadísticas dentro del campo de la ingeniería geotécnica ha cobrado impulso. Esta tendencia es especialmente evidente en la industria minera, tanto a nivel global como en Perú. A medida que los ingenieros profundizan en las complejidades de los macizos rocosos, descubren nuevas vías para comprender el potencial de rotura, el comportamiento de deslizamiento y las consideraciones de seguridad.

La aplicación de la geoestadística a la mecánica de rocas aún está en pañales. Investigadores y profesionales apenas están comenzando a explorar su potencial. Con muchos aspectos sin explorar esperando ser descubiertos, este campo incipiente representa una oportunidad valiosa para los ingenieros civiles geotécnicos. Al aprovechar las herramientas geoestadísticas, podemos mejorar la seguridad, optimizar diseños y contribuir a prácticas mineras sostenibles.

A pesar de su promesa, la geoestadística en la ingeniería geotécnica sigue siendo un territorio relativamente inexplorado. Pocas publicaciones profundizan en esta intersección. A continuación, se presentan las publicaciones científicas más recientes que abordan temas relacionados con la consideración de la direccionalidad de parámetros geotécnicos al momento de crear modelos espaciales, así como el uso de simulaciones estocásticas para desarrollar dichos modelos. Es importante destacar que todas estas publicaciones se originan en el extranjero (fuera del Perú). Aunque en nuestro país no se han abordado exactamente los mismos temas que se exponen en este trabajo, sí se ha demostrado el potencial de la geoestadística aplicada a la ingeniería civil y la geotecnia. Lamentablemente, aún no se han realizado publicaciones sobre geoestadística aplicada en la ingeniería civil en Arequipa.

2.2.1. Publicaciones internacionales

En el año 2019, en su libro “Geostatistics for the mining industry”, Xavier Emery y Serge A. Séguret sugieren la identificación de unidades geotécnicas mediante el análisis de la direccionalidad de las fracturas de los macizos rocosos a partir de los valores de las propiedades geomecánicas FF y RQD.

En la publicación del año 2019, “Uncertainty quantification of structural and geotechnical parameter by geostatistical simulations applied to a stability analysis case study with limited exploration

data” de Katelyn Kring y Snehamoy Chatterjee realizan simulaciones secuencial de indicadores para determinar la probabilidad puntual implícita en cada simulación y simulaciones secuenciales gaussianas aplicadas a la geometría de las discontinuidades o fracturas para determinar la probabilidad de falla un yacimiento minero en base al parámetro RQD y validan la metodología empleada mediante la comparación analítica de los valores simulados y los reales.

Y. Vilca et al. publicaron el artículo titulado “Geostatistical Analyses Applied to estimating Geotechnical Parameters – Study Case: Córrego do Sítio Mine” en el año 2019 y en este realiza una comparación de las técnicas de interpolación geoestadística Kriging y Simulación Estocástica para determinar la más adecuada al ser aplicada en la variable geotécnica RMR.

En el año 2020, Francisca Cudjoe y Kamram Esmacili presentaron un artículo titulado “A 3D Spatial Model of Slope Mass Rating to Assess Potential Risk of Pit Wall Failure”. En su estudio, utilizaron múltiples simulaciones secuenciales gaussianas para evaluar el potencial de rotura y deslizamiento en función del parámetro RMR (Rock Mass Rating). Además, determinaron la probabilidad de ocurrencia de estos eventos. Aunque el procedimiento seguido por los investigadores mencionados es similar al aplicado en este estudio, existe una diferencia fundamental: en el presente trabajo, se considera la direccionalidad de los parámetros que componen el parámetro RMR.

En el año 2021, L. Katherine Sánchez, Xavier Emery y Serge A. Séguret, en su publicación “Geostatistical modeling of Rock Quality Designation (RQD) and geotechnical zoning accounting for directional dependence and scale effect” consideran la propiedad de direccionalidad del parámetro RQD para realizar una simulación condicional geoestadística para realizar modelos tridimensionales basados en distintos soportes geométricos (modelos puntuales y de bloques de grandes dimensiones).

2.2.1. Publicaciones nacionales

En el año 2019 Juan Gálvez publica “Estimación geoestadística del RQD, RCU, JRC y densidad aplicada a entender el comportamiento geomecánico del cerro La Falda, La Encañada – Cajamarca, 2019” en la que realiza estimaciones mediante la herramienta geoestadística Kriging para generar planos de

distintos parámetros geotécnicos, incluyendo el parámetro RQD y determinar una caracterización del macizo rocoso comprendido en un yacimiento minero.

En la tesis de Wilson Hernández y Héctor Torres, “Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019” del año 2021, muestra la importancia de las técnicas geoestadísticas para determinar las zonas que son aptas para expansiones urbanas y para desarrollar una zonificación de la capacidad portante del suelo.

En la publicación “Evaluación de Parámetros Geotécnicos por Métodos Estadísticos y SIG en los Suelos de la Zona Sur del Distrito de Trujillo – Provincia de Trujillo – Departamento La Libertad.” Realizada por José Luján y Milagros Siccha se generan mapas geotécnicos a partir de estimaciones geoestadísticas por medio de Kriging y se determina la variabilidad de los parámetros estimados.

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Geotecnia y geomecánica.

La geotecnia o ingeniería geotécnica es una rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas y comportamiento desde un punto de vista ingenieril de los materiales de la tierra.

Los problemas geotécnicos básicos pueden clasificarse considerando al terreno como cimiento, productor de cargas (muros de contención, revestimiento de túneles, etc.), estructura en sí, material de relleno o compactación.

La Geomecánica es el área de la geotecnia que emplea herramientas matemáticas para el estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra.

2.3.1.1. Clasificación Geomecánica de Bieniawski. Los sistemas de clasificación de los macizos rocosos tienen por objeto evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa su calidad. El término “Macizo Rocos” se refiere al conjunto de uno o varios tipos de rocas atravesados por plano de fracturas en el que se inserta la obra de ingeniería o la mina. Su caracterización requiere el conocimiento

de los siguientes parámetros: Resistencia y comportamiento de la roca, familias de fracturas existentes, espaciado de los planos de discontinuidad y fracturación del macizo, características geomecánicas de las fracturas, condiciones del agua en las juntas, tensiones in situ, naturales o inducidas y alteraciones producidas en el macizo rocoso por las excavaciones (Bujaico y Gonzales, 2021). Desarrollada por el profesor Z. T. Bieniawski en 1973 y actualizada en 1979 y 1989. Clasifica al macizo rocoso, introduciendo un índice numérico llamado Rock Mass Rating (RMR), a partir de sus propiedades. Los valores del índice RMR se ubican en el rango de 15 hasta 100 puntos y sirven para clasificar al macizo en cinco categorías.

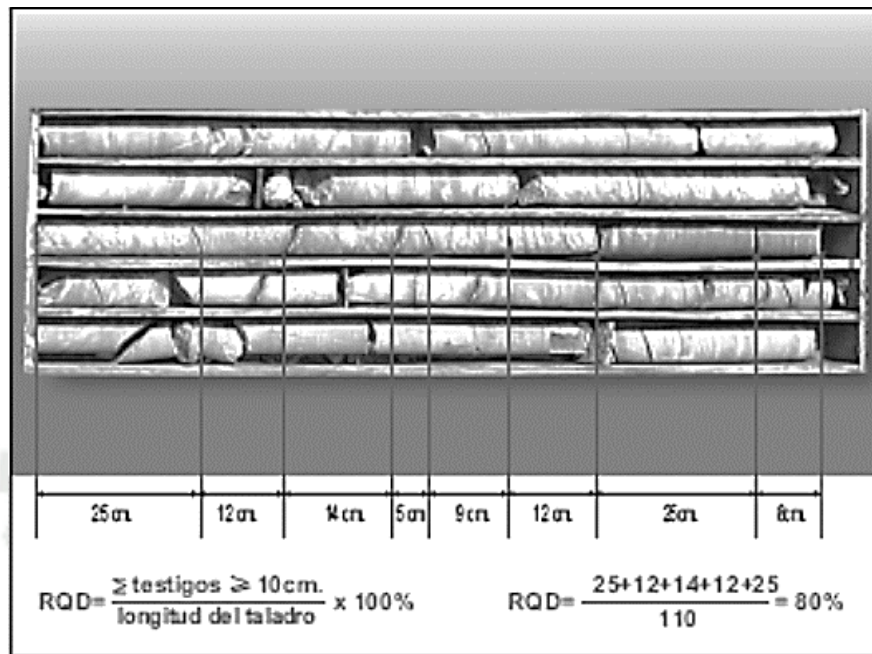
Las propiedades que se toman en cuenta para determinar el índice RMR son:

- **Resistencia a compresión simple del material rocoso.** Es el esfuerzo medido sobre la muestra de roca de una manera técnica. Su obtención en ensayos de laboratorio requiere muestras cuidadosamente preparadas y de un tiempo considerable para conocer su resultado, lo que puede representar un alto costo. Puede obtenerse bajo ensayo de carga puntual o uniaxial. Se expresa en Megapascales (MPa).

- **RQD (Rock Quality Designation)**, fue desarrollado por Deere en 1967. Es la relación porcentual de la suma de las longitudes de trozos intactos (después de la extracción de un testigo) que miden 0.1 m o más respecto a la longitud del tramo escogido.

Figura 1

Ejemplo gráfico y numérico de cálculo de RQD



Nota. Extraído de “Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes”, Ramírez Oyanguren y Alejano Monge, 2004.

- **Espaciado de las juntas.** El tamaño de los bloques de la matriz rocosa es condicionado por el espaciado entre los planos de fracturas y, por tanto, detalla la función que ésta tendrá en el comportamiento mecánico del macizo rocoso, y su relevancia con respecto a la influencia de las fracturas. El espaciado implica la distancia entre dos planos de fracturas de una misma familia, medida siempre en la dirección perpendicular a dichos planos (Cerdas, 2013).

El espaciado se mide en metros y es el inverso aritmético de la frecuencia de fracturas (FF), determina la resistencia a la compresión simple de la roca.

- **Condición de las juntas o naturaleza de las juntas,** para describir el estado de las juntas se utilizan los siguientes parámetros:

- Apertura entre juntas de fracturas.
- Continuidad (dimensiones) de la junta según rumbo y buzamiento.

- Rugosidad de las juntas.
- Resistencia de la roca en las juntas de fracturamiento.
- Relleno de la junta.
- Presencia de agua. La descripción utilizada es la siguiente: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

La clasificación de Bieniawski consiste en asociar puntajes a los valores obtenidos de cada uno de estos 5 parámetros según la siguiente tabla:



Tabla 1

Valores de parámetros usados para determinar el índice RMR

Parámetros			Escala de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple		
		A compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	R.Q.D.	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%			
	Valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado DeLas Juntas	>2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm			
	Valor	20	15	10	8	5			
4	Condición de las Juntas	Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente Meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.			
	valor	30	25	20	10	0			

Parámetros		Escala de valores					
5	Agua	Flujo en cada 10 m	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min
		Relación presión del agua en la junta/tensión principal máxima.	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
		Condiciones Generales	Completa-mente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo	Goteo	Flujo de agua.
		Valor	15	10	7	4	0

Nota. Adaptado de “Rock Mass Classification in Rock Engineering”, Bieniawski, 1976.

Los valores de los puntajes obtenidos para cada uno de los 5 parámetros son sumados entre sí. Finalmente, el puntaje obtenido se clasifica según la siguiente tabla:

Tabla 2

Clasificación de la muestra de roca según Bieniawski y potencial de rotura y deslizamiento.

Valor total del RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase Número	I	II	III	IV	V
Descripción	MUY BUENO	BUENO	MEDIO	MALO	MUY MALO
Potencial de rotura y deslizamiento	MUY BAJO	BAJO	REGULAR	ALTO	MUY ALTO

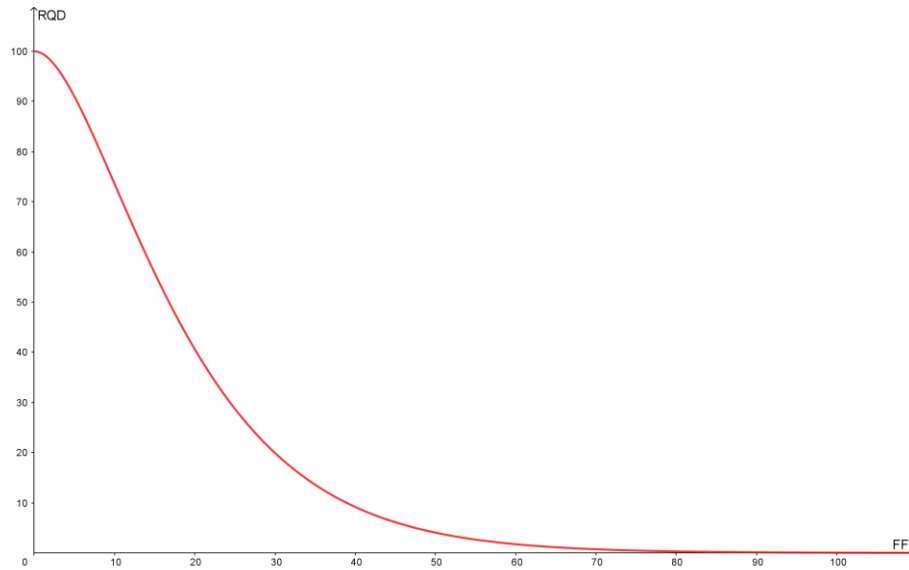
Nota. Adaptado de “Rock Mass Classification in Rock Engineering”, Bieniawski, 1976.

2.3.1.2. Relación teórica de FF y RQD. En 1976, S. Priest y J. Hudson establecieron una relación entre el número promedio de fracturas por unidad de longitud (FF) y el índice de calidad de la roca (RQD). La fórmula es de carácter exponencial y está dada por:

$$RQD = 100e^{-0.1FF} (0.1FF + 1)$$

Figura 2

Relación de parámetros FF y RQD establecida por Priest y Hudson



Nota. Adaptado de “Discontinuity Spacings in Rock”, S. Priest y S. Hudson, 1976.

Esta relación no es una regla estricta y puede variar según el contexto geológico y geotécnico. Se debe considerar la variabilidad geológica, la escala de estudio y otros factores al aplicarla.

2.3.1.3. Familia de Fracturas. Una familia de fracturas se refiere a un conjunto de fracturas dentro de un pequeño volumen de macizo rocoso que comparten características similares en términos de orientación y paralelismo. En otras palabras, las fracturas dentro de una misma familia son casi paralelas entre sí y tienen la misma dirección. Esta propiedad es especialmente relevante en el análisis geotécnico y la evaluación de la estabilidad de los macizos rocosos, ya que la orientación y el paralelismo de las fracturas pueden influir significativamente en el comportamiento del macizo rocoso bajo diferentes condiciones de carga y operación. En el contexto de la minería, la correcta identificación y caracterización de las familias de fracturas es fundamental para predecir con precisión el potencial de rotura y deslizamiento de los macizos rocosos.

2.3.2. Concepto de direccionalidad

La direccionalidad es una propiedad fundamental de las variables geotécnicas que se refiere a la variación de los valores de estas variables en función de la dirección espacial en la que se miden. Esta propiedad es especialmente relevante en contextos geotécnicos, donde las características del subsuelo pueden variar significativamente en diferentes direcciones debido a procesos geológicos como la estratificación, la deformación tectónica o la meteorización.

En términos más concretos, la direccionalidad implica que el valor de una variable geotécnica, como la resistencia al corte o la permeabilidad, puede cambiar dependiendo de si se mide horizontal o verticalmente, o en cualquier otra dirección. Esta variación direccional puede ser el resultado de la anisotropía inherente de los materiales geológicos, que a menudo presentan diferentes propiedades en diferentes direcciones debido a su formación y evolución a lo largo del tiempo geológico.

Además, la direccionalidad puede tener un impacto significativo en la interpretación y modelización de los datos geotécnicos. Por ejemplo, puede afectar a la estimación de los parámetros geotécnicos y a la evaluación de la estabilidad de las pendientes o la capacidad de carga de los cimientos. Por lo tanto, es esencial tener en cuenta la direccionalidad al realizar análisis geotécnicos y al diseñar estructuras subterráneas o de cimentación.

2.3.3. Correcciones de Terzaghi

Durante la fase de planificación de la exploración en el yacimiento, se realizan sondeos con taladros en direcciones predefinidas para determinar los parámetros geotécnicos RMR y RQD. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los valores obtenidos de estos parámetros están influenciados por la dirección en la que se realizaron los sondeos. El valor real de estos parámetros se encuentra en la dirección perpendicular a los planos de las pequeñas familias de fracturas presentes en cada punto de muestreo. Por lo tanto, este valor real se obtiene mediante una transformación del valor sondeado, de acuerdo con las relaciones que se especificarán a continuación:

$$FF_C = \frac{FF}{\cos(\alpha)}$$

$$RQD_C = RQD \times \cos(\alpha)$$

Donde:

FF = Frecuencia de Fracturas en la dirección sondeada.

FF_C = Frecuencia de Fracturas corregida.

RQD = Índice de Calidad de la Roca en la dirección sondeada.

RQD_C = Índice de Calidad de la Roca corregida

α = Ángulo formado entre la dirección de sondeo y la dirección perpendicular a la familia de fracturas.

2.3.3. Geoestadística

“La geoestadística es la aplicación de las funciones aleatorias al reconocimiento, estimación y simulación de fenómenos naturales. Además, puede aplicarse en cualquier disciplina en la que se pueda definir una variable regionalizada en un dominio dado.” (A. Marín, comunicación personal, 2023).

La geoestadística es una disciplina que utiliza modelos matemáticos y estadísticos para analizar, interpretar y predecir variaciones espaciales y temporales en fenómenos naturales. A través de la geoestadística, podemos comprender cómo se distribuyen y correlacionan las variables en un dominio geográfico, temporal o en un conjunto de datos regionalizados. Es el conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para el estudio de variables numéricas distribuidas en el espacio o el tiempo.

2.3.3.1. Variable Regionalizada. Partiendo de la noción de variable aleatoria simple x , definida por su ley de distribución probabilística $F(x)$, los matemáticos han introducido a continuación las variables aleatorias con varias componentes (x_1, x_2, \dots, x_n) descritas por leyes de distribución simultáneas $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$, luego ellos han examinado lo que se produce cuando n es infinito. Una función aleatoria es, si se quiere, una variable aleatoria con una infinidad de componentes. En el caso que nos ocupa, estas componentes, en número infinito, serían los valores tomados por la variable regionalizada en cada uno de los puntos de su campo geométrico (Matheron, 1965).

De una manera más simplificada, se puede decir que una variable regionalizada $Z(x)$ es una medida tomada en una ubicación espacial o temporal conocidas y que tiene correlación con las medidas circundantes, las cuales pueden ser expresadas en forma de función matemática.

2.3.3.2. Momentos de una Variable Regionalizada.

- Esperanza, media, tendencia o deriva:

$$E(Z(x)) = m(x)$$

En el caso más general la media es local, en otras palabras, la media depende de la localización espacial de donde son tomadas las muestras.

- Varianza:

$$\sigma^2 = V(Z(x)) = E[Z(x) - m(x)]^2$$

Definida como el cuadrado de la desviación típica, el cual indica la dispersión en torno a la media.

- Covarianza:

$$C(x, y) = E[Z(x) - m(x)][Z(y) - m(y)]$$

Es una medida del nivel de relación entre las variables aleatorias $Z(x)$ y $Z(y)$.

- Semivariograma:

$$\gamma(x, y) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(y)]^2$$

De aquí se deriva la función variograma, el cual está definido como $2\gamma(x, y)$ y mide la dispersión de las variables aleatorias o el nivel de no correlación entre las variables aleatorias en función de su interdistancia.

2.3.3.3. Función Aleatoria. Si a cada punto x que pertenece a un dominio en el espacio le hacemos corresponder una variable aleatoria Z , entonces el conjunto de variables aleatorias espacialmente distribuidas será una función aleatoria $Z(x)$.

En términos más simples, una función aleatoria es un conjunto de variables aleatorias que están espacialmente distribuidas. Cada valor observado en cada punto x es considerado como el resultado $z(x)$ de una variable aleatoria $Z(x)$. La totalidad de variables aleatorias $Z(x)$ localizadas en cada punto x conforman una función aleatoria.

Por ejemplo, la distribución espacial de la porosidad en un cuerpo rocoso puede ser representada por una función aleatoria. En la práctica, esta función es imposible de determinar completamente, y solo se puede esperar inferir los primeros momentos de la distribución de la función aleatoria $Z(x)$.

Es importante mencionar que la función aleatoria reproduce la misma relación de una de sus ocurrencias como variable aleatoria. Además, la función aleatoria está caracterizada por una distribución finita multidimensional de variables aleatorias.

2.3.3.4. Estacionariedad. Se considera a una variable regionalizada estacionaria cuando su función de distribución no varía cuando este se traslada a otra región del espacio muestral, expresado, en otros términos, cuando la función de distribución de la variable aleatoria $Z(x)=[Z(x_1), Z(x_2), \dots, Z(x_n)]$ es exactamente igual a $Z(x)=[Z(x_1+h), Z(x_2+h), \dots, Z(x_n+h)]$, en donde $h \in \mathbb{R}$, se cumple la hipótesis de estacionariedad.

2.3.3.5. Estacionariedad de Segundo Orden. Sea $\{Z(x): x \in D \subset \mathbb{R}_d\}$ una variable regionalizada definida en un dominio D contenido en \mathbb{R}_d (generalmente una variable medida en la superficie de una región) se dice que $Z(x)$ es estacionario de segundo orden si cumple: La función media existe y no depende de la localización, esto es $m(x) = m, \forall x \in D$.

- La función de covarianza existe y solo depende de la distancia entre las localizaciones involucradas, esto es, $C(x_i, x_j) = C(h), \forall x_i, x_j \in D$, siendo $h = x_i - x_j$ el vector distancia entre dichas localizaciones. La función C recibe el nombre de covariograma o autocovarianza (Melo, 2012).

La existencia de la covarianza implica que la varianza existe y no depende de h , es decir $\sigma^2 = V(Z(x_i)) = C(0)$. Así mismo, la estacionariedad de segundo orden implica la siguiente relación entre la función de semivarianza y la de autocovarianza:

$$\begin{aligned}
 \gamma(Z(x+h), Z(x)) &= \gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x+h) - m - Z(x) + m]^2 \\
 &= \frac{1}{2} \{E(Z(x+h) - m)^2 + E(Z(x) - m)^2 - 2E(Z(x+h) - m)(Z(x) - m)\} \\
 &= \frac{1}{2} \sigma^2 + \frac{1}{2} \sigma^2 - E(Z(x+h) - m)(Z(x) - m) \\
 &= \sigma^2 - C(h)
 \end{aligned}$$

Lo anterior quiere decir que tanto la media como la varianza no varían cuando son sometidas a la traslación y que el variograma experimental presenta una zona en la que la correlación deja de ser creciente, es a esta característica a la que se le denomina estacionariedad de segundo orden, la cual permite que sea posible realizar la inferencia estadística.

2.3.3.6. Análisis Variográfico. También llamado Análisis Estructural, es un proceso en el cual se obtiene el modelo geoestadístico de la función aleatoria a tratar, caracterizando la estructura espacial de la variable en estudio.

Tiene como herramienta principal al semivariograma o simplemente variograma, cuya definición matemática se mostró anteriormente, el cual es una función que determina el grado de no relación o disimilitud que existe entre las variables aleatorias y su variación en función de las distancias que las separan (interdistancias).

“El variograma experimental es un promedio de diferencias al cuadrado por clase de distancia h , en donde $N(h)$ es el número de pares de puntos que se encuentran a una distancia h ” (Velásquez, 2017).

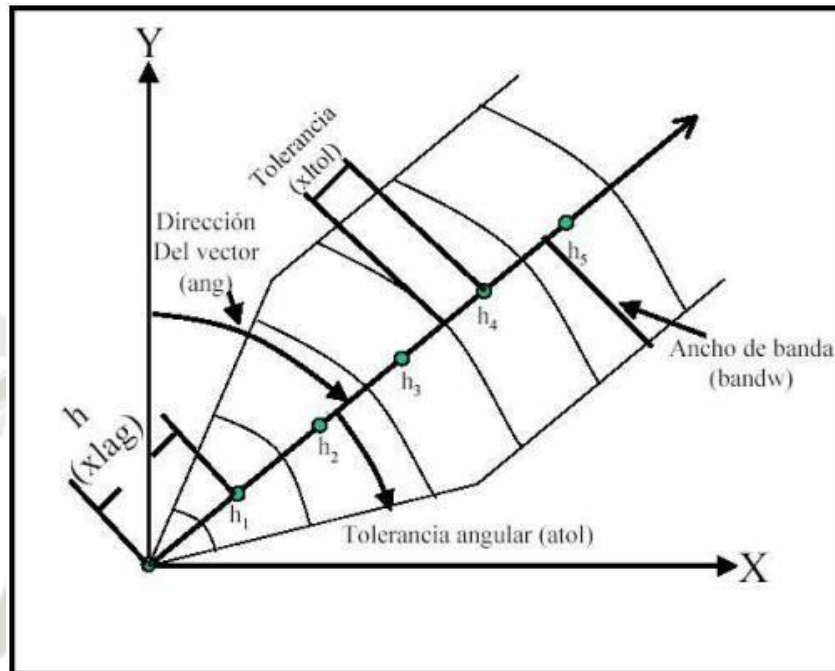
$$\gamma(h) = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} (Z(x_i) - Z(x_i + h))^2$$

Se pueden calcular variogramas en cualquier dirección del espacio considerando su azimut e inclinación. Como parámetros adicionales para su construcción, se tiene en cuenta la distancia h (o interdistancia) y el número de estas, así como, la tolerancia angular, la tolerancia de interdistancias y el ancho de banda. Estos parámetros definen un prisma de búsqueda de datos, como se ve en la siguiente

figura. Los datos ubicados dentro de mencionado prisma serán considerados en el cálculo del variograma, mas no los que quedan fuera.

Figura 3

Parámetros del variograma



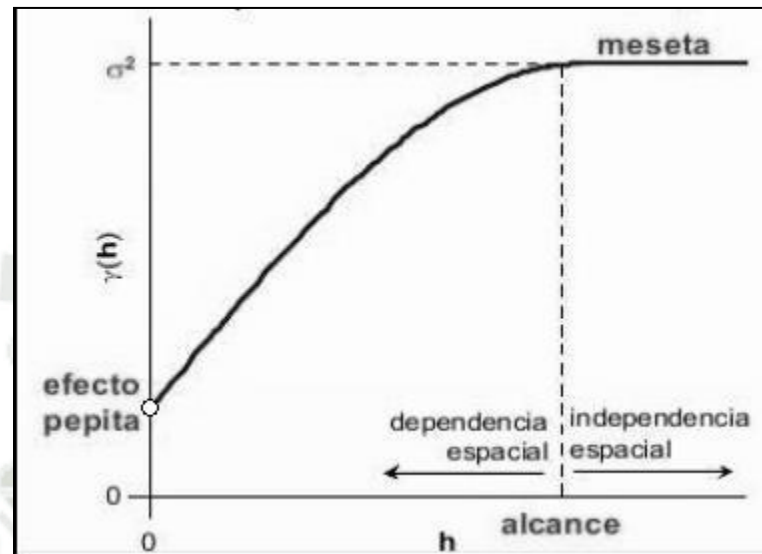
Nota. Extraído de “Curso de Geoestadística Aplicada”, por M. Díaz (s. f.)

Cuando se considera el valor de la tolerancia angular igual a 180° , el variograma se convierte en variograma omnidireccional, el cual muestra el nivel de no correlación entre las variables regionalizadas en todas las direcciones y es el promedio de todos los variogramas direccionados.

Un variograma es una función de interdistancias h cuya gráfica, en la práctica, suele tomar la siguiente forma:

Figura 4

Características de una variable regionalizada presentadas en un variograma

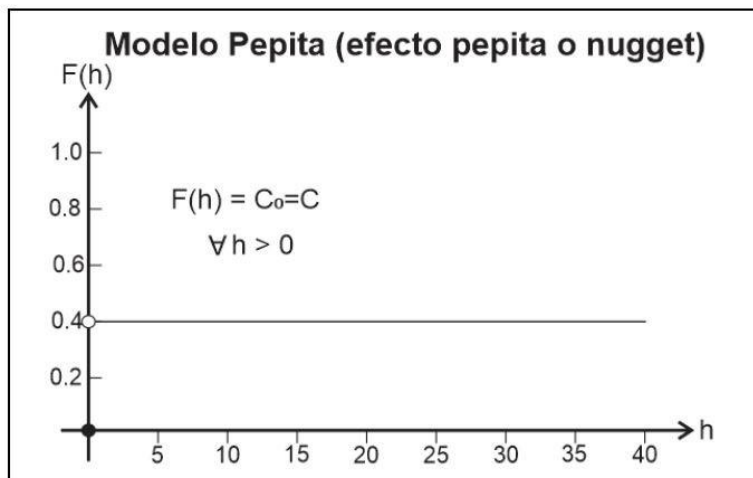


Nota. Extraído de “Curso de Geoestadística Aplicada “, por M. Díaz (s. f.)

El valor de la función variograma $\gamma(h)$ en donde la curva tiende a intersecar al eje de las ordenadas es llamado “efecto nugget” o “efecto pepita”; una parte de la función monótona creciente, cuya distancia de proyección sobre el eje de las abscisas es llamada “alcance” y representa a distancia a la cual los datos muestreados dejan de estar relacionados entre sí o tener dependencia espacial. El valor de la función en la que esta deja de ser monótona creciente es llamado “meseta”.

Mediante la evaluación del variograma se puede reconocer las características de la variable regionalizada en estudio, como, además de su alcance, su regularidad, anisotropía espacial o detectar poblaciones anómalas y errores.

2.3.3.7. Variogramas Teóricos. Los variogramas pueden ser ajustados a modelos matemáticos conocidos según su comportamiento. Se mencionan, a continuación, los modelos más comúnmente presentes en los fenómenos a estudiar:

- Modelo de efecto pepita puro:**Figura 5***Modelo de efecto pepita puro*

Nota. Extraído de “Curso de Geoestadística de recursos recuperables en Ore Control”, por A. Marín.

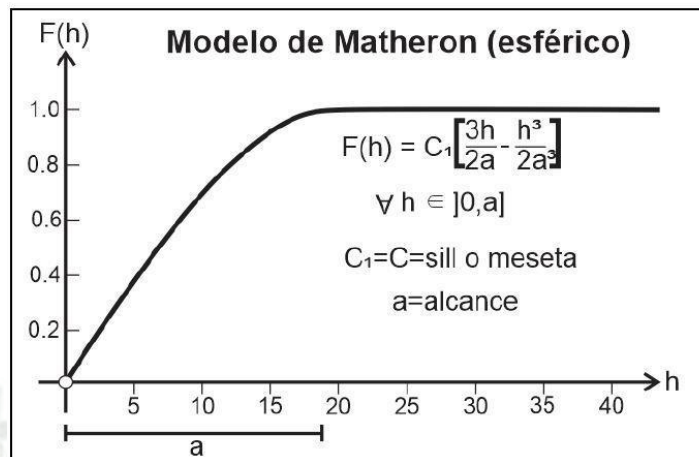
$$\gamma(h) = S = \text{meseta}$$

Cuando el efecto pepita está presente en combinación con otras estructuras variográficas representa al error de medición en el fenómeno estudiado; cuando se presenta una función de efecto pepita puro, las variables regionalizadas no presentan correlación.

- Modelo de Matheron o esférico:

Figura 6

Modelo de variograma esférico

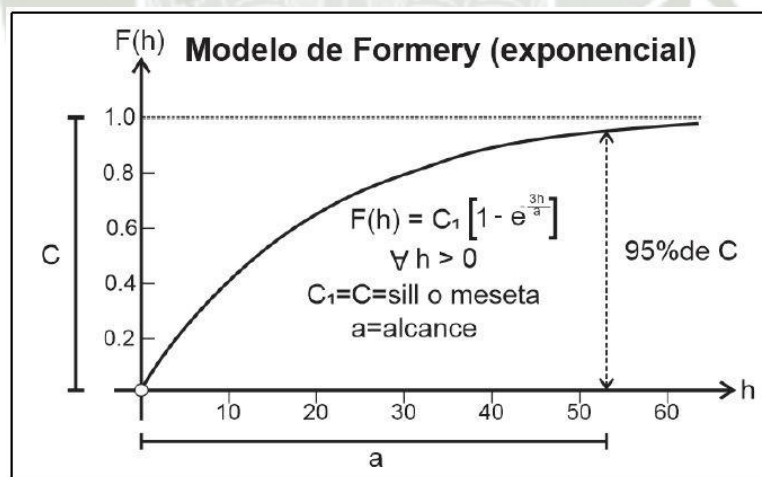


Nota. Extraído de “Curso de Geoestadística de recursos recuperables en Ore Control”, por A. Marín.

- Modelo de Formery o experimental.

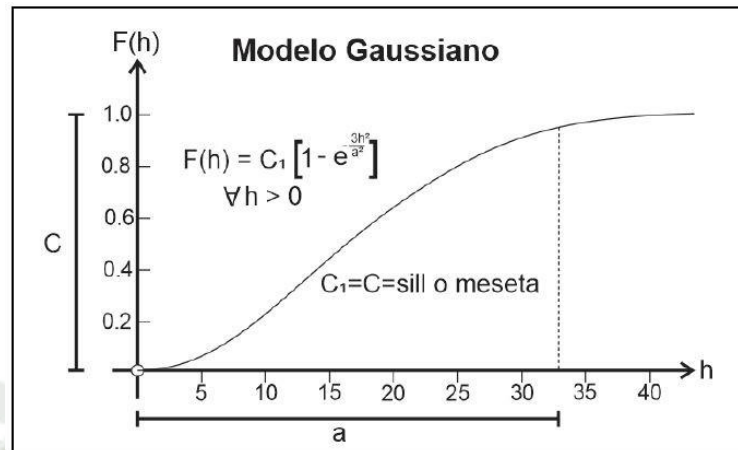
Figura 7

Modelo de variograma experimental o de Formery



Nota. Extraído de “Curso de Geoestadística de recursos recuperables en Ore Control”, por A. Marín.

$$\gamma(h) = C_1 \left(1 - e^{-\frac{h}{a}} \right) \forall h \in]0; a]$$

- Modelo gaussiano.**Figura 8***Modelo de variograma gaussiano*

Nota. Extraído de “Curso de Geoestadística de recursos recuperables en Ore Control”, por A. Marín.

También es usual que se requiera del uso de la combinación lineal de dos o más variogramas para la construcción del modelo teórico, a esta combinación se le denomina “variograma anidado”.

2.3.3.8. Interpolación por Krigage de Matheron. Mayormente conocida como “Kriging”, palabra anglosajona que procede del nombre del geólogo sudafricano D. G. Krige, cuyos trabajos en la predicción de reservas de oro, realizados en la década del cincuenta, suelen considerarse como pioneros en los métodos de interpolación espacial. Kriging encierra un conjunto de métodos de predicción espacial que se fundamentan en la minimización del error cuadrático medio de predicción (Henao, 2002).

Georges Matheron acuñó el término “Kriging” en su trabajo “Krigage d’un Panneau Rectangulaire par sa Périphérie” en 1960 y desarrolló ampliamente su uso para estimar recursos mineros, con el objetivo de evitar sesgos en las estimaciones.

Kriging es un método de estimación que da la mejor estimación lineal insesgada de los valores de los puntos, esto es, elegir el promedio ponderado de los valores de las muestras la cual tenga la mínima varianza (Zavaleta, 2010).

Para definir matemáticamente esta técnica, se supondrá que se desea estimar un valor $Z(x_0)$ ubicado en el punto x_0 , haciendo uso de los valores $Z(x_i)$ tomados en los n puntos x_i , que son próximos al punto x_0 . Cada uno de los valores $Z(x_i)$ está afectado por “pesos” λ_i ,

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

Los pesos λ_i deben hacer cumplir la condición de que el estimador sea insesgado, es decir, poseer una esperanza de la diferencia entre el valor estimado y el real (sesgo) igual a cero:

$$E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0$$

Se puede garantizar esta condición haciendo que la suma de todos los pesos sea igual a uno:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Además, la varianza $\text{Var}[Z^*(x_0) - Z(x_0)]$ debe ser mínima.

El Kriging es considerado el mejor estimador lineal insesgado, ya que minimiza la varianza del error de la estimación mediante una combinación lineal ponderada de datos reduciendo la esperanza del error de la estimación a cero.

El Kriging tiene algunas limitaciones:

- a) Por construcción, entrega una estimación óptima entre los estimadores lineales, lo que es particularmente deficiente cuando la distribución de los datos es muy asimétrica y las variables geotécnicas suelen presentar este tipo de distribuciones.
- b) El mapa de valores estimados es más regular que el mapa de valores reales. Es decir, el Kriging suaviza, no permitiendo dar cuenta de la variabilidad real de la variable y
- c) La varianza de estimación en un sitio no depende de los valores de los datos, si no que sólo de su configuración geométrica y de su correlación espacial (Egaña, 2008).

2.3.3.9. Simulación Geoestadística. Es una técnica de la geoestadística que crea posibles escenarios o simula posibles realidades de distribución de la variable regionalizada en estudio mediante interpolaciones.

Estas técnicas se apoyan en la interpretación de la variable regionalizada como una realización de una función aleatoria y el modelamiento de su distribución espacial (Emery, 2013, citado por Alvarado, 2020).

2.3.4. Validación cruzada de retención

Es una técnica que divide el conjunto de datos en dos partes: un conjunto de entrenamiento y un conjunto de prueba. El conjunto de entrenamiento se utiliza para construir el modelo, mientras que el conjunto de prueba se utiliza para evaluar su rendimiento. La validación cruzada de retención es útil para estimar el error de predicción del modelo.

2.3.4.1. Gráficas QQ y PP

Las gráficas Cuantil-Cuantil (QQ) y Probabilidad-Probabilidad (PP) se utilizan para evaluar si una distribución de datos sigue una distribución teórica (como la normal). La gráfica QQ compara los cuantiles empíricos con los cuantiles teóricos, mientras que la gráfica PP compara las probabilidades acumuladas. Si los puntos en la gráfica siguen una línea diagonal, indica que los datos se ajustan bien a la distribución teórica.

2.3.4.2. Prueba de Kolmogórov-Smirnov

Es una prueba no paramétrica utilizada para evaluar si una muestra sigue una distribución específica. Compara la función de distribución acumulativa empírica con la función de distribución acumulativa teórica. Si el valor p de la prueba es menor que un nivel de significancia predefinido, se rechaza la hipótesis nula de que los datos siguen la distribución teórica.

Sigue el siguiente procedimiento básico:

- **Hipótesis nula y alternativa:** La hipótesis nula (H_0) establece que los datos siguen una distribución específica (por ejemplo, una distribución normal).

La hipótesis alternativa (H_1) sugiere que los datos no siguen esa distribución.

- **Cálculo de la función de distribución acumulativa empírica (ECDF):** Se ordenan los datos de menor a mayor. Se calcula la proporción de observaciones que son menores o iguales a cada valor. Esto crea la ECDF, que representa la probabilidad acumulada de los datos.

- **Cálculo de la función de distribución acumulativa teórica:** Se utiliza la distribución teórica especificada en la hipótesis nula. Se calcula la probabilidad acumulada para cada valor de los datos.

- **Cálculo de la estadística de prueba (D):** Se encuentra la mayor diferencia entre las ECDF empírica y teórica. Esta diferencia se llama estadística de prueba (D).

- **Cálculo del valor p:** Se compara la estadística de prueba (D) con una tabla de valores críticos o se utiliza una fórmula específica. El valor p representa la probabilidad de obtener una estadística de prueba igual o más extrema bajo la hipótesis nula. Si el valor p es menor que un nivel de significancia predefinido (por ejemplo, 0.05), se rechaza la hipótesis nula.

- **Interpretación:** Si el valor p es pequeño (menor que el nivel de significancia), se concluye que los datos no siguen la distribución teórica. Si el valor p es grande, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula.



CAPÍTULO III

3. Metodología Propuesta

3.1. Tipo y Nivel de la Investigación

Tabla 3

Características de la metodología de la investigación

Tipo de investigación	
Por el propósito	Cuantitativa
Según diseño	Experimental
Por el nivel de Investigación	Explicativa
Método de investigación	Analítico
Diseño de la investigación	Transversal

Esta investigación tiene como objetivo explicar el potencial de rotura y deslizamiento en macizos rocosos. Por lo tanto, es considerada una tesis explicativa.

Este proyecto se basa en la recopilación y análisis de datos reales, en este caso, los datos obtenidos de una toma de muestras por medio de sondajes en el yacimiento minero La Poderosa Miski. Estos datos se utilizarán para probar la eficacia de la nueva metodología geoestadística que estás desarrollando. Por lo tanto, es considerada una tesis experimental.

La tesis se centra en el estudio de dos metodologías de estimación espacial para determinar el potencial de rotura y deslizamiento de un macizo rocoso. Para ello, las metodologías se descomponen en sus elementos constituyentes, como los parámetros geotécnicos que se utilizan, las técnicas de estimación que se aplican, etc. Estos elementos se estudian de forma individual para comprender su influencia en la eficacia de las metodologías. Por lo tanto, se considera una tesis analítica.

La tesis utiliza métodos estadísticos para analizar los datos y obtener resultados. Por lo tanto, es considerada una tesis cuantitativa.

Por último, la tesis se basa en la recopilación de datos en un momento dado. Por lo tanto, es una tesis transversal.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Variables independientes

Las variables independientes son aquellas que se manipulan deliberadamente en una investigación. En este caso, los parámetros geotécnicos necesarios para determinar los valores de RMR y el potencial de rotura y deslizamiento son modificados para analizar los resultados.

Las variables independientes del proyecto son los parámetros geotécnicos descritos a continuación:

- RQD (Rock Quality Designation): Es un índice de calidad de la roca que se determina a partir de la medición de las longitudes de los trozos de núcleo de perforación.
- FF (Frecuencia de Fracturas): Es una medida de la cantidad de fracturas por unidad de longitud en un macizo rocoso.
- JC (Joint Condition): Es una medida de la condición de las juntas en un macizo rocoso.
- WC (Water Condition): Es una medida de la condición del agua o humedad presente en el macizo rocoso.
- UCS (Uniaxial Compressive Strength): Es una medida de la resistencia a la compresión uniaxial de un macizo rocoso.

3.2.2. Variable dependiente

La variable dependiente del proyecto son los valores de los índices RMR y el potencial de rotura y deslizamiento del macizo rocoso. Estas variables se medirán mediante una escala numérica y categórica, respectivamente.

La variable dependiente es aquella que se observa o mide en una investigación. En este caso, los valores de RMR y el potencial de rotura y deslizamiento de un macizo rocoso se observa o mide para evaluar la efectividad de las metodologías utilizadas.

3.2.3. Indicadores

Los indicadores utilizados en el este proyecto están basados en los objetivos y las hipótesis planteadas, estos son la prueba de Kolmogórov-Smirnov, el porcentaje de cambio de resultados, validación visual e indicadores de proceso.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento
Variables Independientes			
RQD	Calidad de la roca	Medida de las longitudes de los trozos de núcleo de perforación	Medición directa en campo o laboratorio
FF	Frecuencia de fracturas	Cantidad de fracturas por unidad de longitud en un macizo rocoso	Medición directa en campo o laboratorio
JC	Condición de las juntas o discontinuidades	Medida de la condición de las juntas en un macizo rocoso	Observación y clasificación en campo o laboratorio
WC	Condición del agua o humedad	Medida de la condición del agua o humedad presente en un macizo rocoso	Observación y clasificación en campo o laboratorio
UCS	Resistencia a la compresión uniaxial	Medida de la resistencia a la compresión uniaxial de un macizo rocoso	Medición en campo o laboratorio
Variables Dependientes			
RMR	Calidad del macizo rocoso	Índice calculado a partir de los parámetros RQD, FF, JC, WC y UCS	Cálculo a partir de las variables independientes
Potencial de rotura y deslizamiento	Probabilidad de rotura o deslizamiento	Medida calculada a partir del índice RMR	Cálculo a partir de la variable dependiente RMR

3.4. Métodos de investigación.

3.4.1. Población y Muestra

3.4.1.1. Población

La población en este estudio se refiere al conjunto total de bloques geológicos presentes en el área de interés. Estos bloques forman parte del modelo geológico que se obtendrá mediante las interpolaciones geoestadísticas. En otras palabras, la población abarca todos los bloques que podrían estar afectados por las características geotécnicas que se está investigando.

3.4.1.2. Muestra

La muestra consiste en los valores puntuales que se ha utilizado para realizar las validaciones cruzadas y los análisis estadísticos. Estos puntos específicos se seleccionaron del total de puntos disponibles en la base de datos mediante un análisis estadístico de representatividad y están contenidos en los bloques de la Población. Dicho análisis se desarrolla y explica más ampliamente en la sección de “Metodología de la Investigación”. La selección cuidadosa de estos puntos garantiza que la muestra sea representativa de la población total de bloques geológicos.

3.4.2. Obtención de datos

Los datos fueron otorgados por la concesión minera “La Poderosa Miski 2011”, dichos datos son resultado de pruebas de laboratorio realizadas en testigos extraídos bajo un proceso de sondeo geomecánico mediante el uso de la técnica de perforación con recuperación de testigo continuo. Los datos son producto de 1,219 sondeos realizados en diferentes direcciones de perforación, abarcando un área aproximada de 550.4 ha, de las cuales se obtuvieron 58,564 registros de parámetros georreferenciados. Los ensayos de laboratorio permitieron determinar los siguientes parámetros geotécnicos.

- Resistencia de la roca intacta, mediante ensayos de compresión uniaxial (UCS).
- Definición de la calidad de la roca (RQD), mediante análisis y medición de porciones de testigo entre fracturas.
- Frecuencia de Fracturas (FF), calculado de la inversa aritmética del promedio del espaciado entre fracturas presentes en cada testigo.

- Condiciones de las juntas (JC), calculadas según los parámetros indicados en la Tabla 1.
- Condición del agua (WC), calculadas según los parámetros de la Tabla 1.

3.4.3. Sondeo por perforación con recuperación de testigo continuo

Técnica empleada para la extracción de testigos de roca basada en la perforación del macizo rocoso a rotación mediante un elemento corte anular con diamantes industriales colocados en el extremo de una sarta de perforación, el cilindro o testigo de roca se aloja en el interior de la sarta a medida que el elemento de corte avanza.

Tabla 5

Segmento de base de datos

T-ID	Este	Norte	Elevación	RQD	FF	JC	UCS	WC
T_1	479095.24	8443363.19	1983.7	72.3	6.9	20	64.2	10
T_1	479095.94	8443363.79	1982.7	94.5	1.4	20	95.3	10
T_1	479096.74	8443364.49	1981.5	92	6	17	97.1	10
T_1	479097.44	8443365.19	1980.4	61.3	9	12	89.7	10
T_1	479098.14	8443365.89	1979.3	80	8	12	80.5	10
T_1	479098.94	8443366.59	1978.1	66.5	8.4	12	64.5	10
T_1	479099.64	8443367.19	1977	78	5.3	12	80.8	10
T_1	479100.44	8443367.89	1975.8	92.1	3.6	10	92.2	10

Nota. La columna T-ID hace referencia al código identificador del taladro. Se muestra solo una fracción del total de registros. Se muestra los 8 primeros registros, para visualizar un resumen más amplio de la totalidad de registros, ver el **Anexo I**.

3.4.4. Metodología Propuesta

La primera parte de la metodología propuesta en este proyecto comienza con la organización y análisis de los datos disponibles. Este proceso busca identificar posibles errores, anomalías o subpoblaciones en los datos. Se utilizarán gráficos de distribución de frecuencias (histogramas) para identificar la localización, variabilidad, forma y observaciones extremas de los datos. Además, se realizarán gráficos de dispersión entre las variables en estudio para determinar su relación. Se comparará la correlación entre los parámetros FF y RQD con los datos disponibles y la relación matemática

propuesta por Priest y Hudson (1976). Para profundizar en la correlación entre estos dos parámetros, se realizarán variogramas cruzados.

La segunda parte de la metodología implica el desarrollo de la Metodología B, que es la propuesta en este proyecto. Bajo la hipótesis de que los valores muestreados de FF y RQD no son representativos del punto en el que fueron tomados debido a su propiedad de direccionalidad, esta metodología busca determinar las direcciones de las familias de fracturas presentes en cada bloque mediante una estimación geoestadística vectorial. Con esta información, se realizarán correcciones de Terzaghi para los valores de FF y RQD en cada uno de estos bloques.

Para realizar la estimación vectorial mencionada, se seleccionarán los valores máximos de FF en las celdas tridimensionales o “cajas” que las contengan. Las direcciones de sondaje con las que se obtuvieron estos valores máximos se asumirán como las direcciones más cercanas a las direcciones perpendiculares a los planos de fracturas en cada uno de los puntos donde se ubican estos valores de FF.

Los puntos contenidos en los bloques de dimensiones de $15 \times 15 \times 15$ metros, donde se seleccionaron los valores máximos de FF y que pertenezcan a la misma dirección de sondaje, serán los puntos seleccionados para realizar las validaciones cruzadas. Estos puntos no se utilizarán para realizar las interpolaciones de ambas metodologías.

Los valores obtenidos después de la corrección se someterán nuevamente a un análisis estadístico y a una comparación de su correlación con la propuesta por Priest y Hudson.

Luego, se determinarán los valores de RMR, los cuales también se someterán a un análisis estadístico y variográfico.

Con los valores de RMR determinados, se realizarán 100 simulaciones secuenciales gaussianas. Los resultados se validarán de forma gráfica mediante la comparación de las distribuciones de frecuencias de los valores simulados y los valores de RMR calculados en esta segunda parte. Finalmente, se determinarán los modelos tridimensionales de los valores obtenidos después de la simulación. Estos son los modelos de los promedios de los valores simulados (Modelo B), de sus variabilidades y de las probabilidades de que cada bloque tenga cada una de las caracterizaciones de Bieniawski.

La tercera parte implica el desarrollo de la Metodología A, que es una de las más utilizadas en la industria minera actualmente. Esta metodología consiste en determinar los valores del índice RMR a partir de los parámetros geotécnicos disponibles, sin realizar ninguna corrección y, por lo tanto, sin tener en cuenta la propiedad de direccionalidad de los parámetros FF y RQD. Estos valores de RMR serán sometidos a un análisis estadístico y variográfico.

La cuarta y última parte consiste en la comparación de los resultados obtenidos por ambas metodologías mediante el análisis de los valores obtenidos en las validaciones cruzadas y en los análisis numéricos, visuales, estadísticos y variográficos.

3.4.5. Área de estudio

Las áreas de estudio en la que se enmarca el presente trabajo son la Geoestadística y la Geomecánica de Rocas, cuyos resultados están orientados a ser usados en la Ingeniería Civil para una aplicación en la estabilidad de taludes.

Se aplicará la metodología de interpolación usada en el área de geotecnia por la mayoría de empresas mineras para ser contrastada con la metodología propuesta en el proyecto, en la cual se manipulan los datos muestreados para tratar de conseguir resultados que representen mejor a la realidad. Se hará uso de las técnicas geoestadísticas Kriging Ordinario y Simulación Secuencial Gaussiana para estimar los valores del índice RMR respectivamente en el macizo rocoso del yacimiento minero “La Poderosa Miski”, luego, se analizarán y validarán los resultados de forma analítica. Por lo tanto, el método de investigación que se aplicará será el método analítico.

El método analítico consiste en que, a partir del conocimiento general, de una realidad realiza la distinción, conocimiento y clasificación de los distintos elementos esenciales que forman parte de ella y de las interrelaciones que sostienen entre sí. Se fundamenta en la premisa de que a partir del todo absoluto se puede conocer y explicar las características de cada una de sus partes y de las relaciones entre ellas (Abreu, 2014).



CAPÍTULO IV

4. Resultados y Discusiones

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis exploratorio de datos

Este proyecto se fundamenta en el estudio de las variables FF y RQD. Se plantea la hipótesis de que los valores muestreados de estos parámetros, obtenidos en diversas direcciones de sondeo, no reflejan los valores auténticos del macizo rocoso del yacimiento minero en los puntos específicos donde se realizaron las tomas. A continuación, se expone la correlación entre estos valores:

Figura 9

Histogramas de los datos de RQD y FF

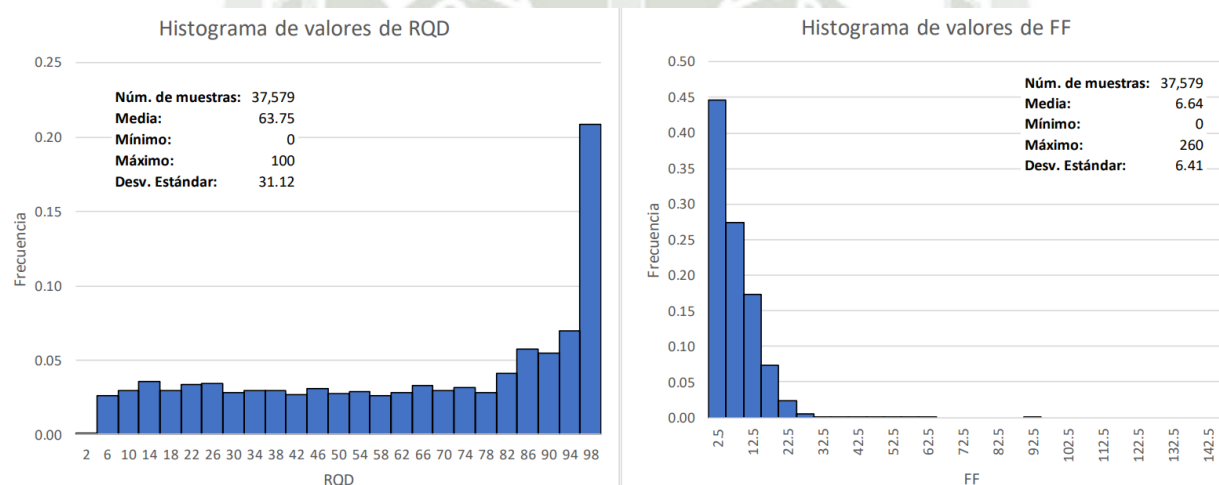
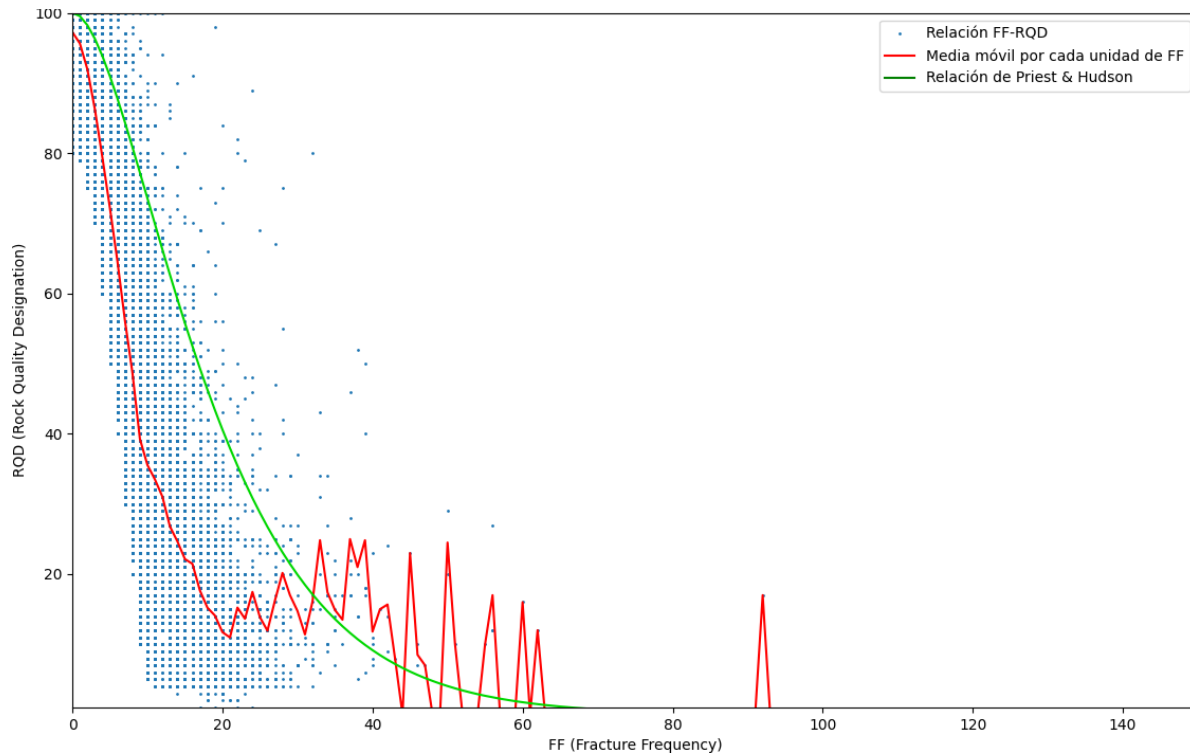


Figura 10

Gráfico de dispersión de valores de FF y RQD



La Figura 9 muestra la relación entre los parámetros FF y RQD. Esta relación se mantiene continua desde un valor de FF de cero hasta cerca de 20. Pasado este punto, la relación se vuelve caótica. La línea verde en el gráfico representa la relación teórica, tal como fue determinada por Priest y Hudson. Esta se utiliza como referencia, y cabe destacar que la correlación esperada no es lineal.

4.1.2. Correcciones de Terzaghi

4.1.2.1. Selección de puntos representativos

Para corregir los valores de los parámetros FF y RQD, se selecciona un conjunto de puntos de muestra. Los valores de FF de estos puntos son representativos de los datos en su proximidad. Se determina el rango espacial de representatividad probando diferentes rangos de búsqueda alrededor de cada punto seleccionado y realizando un análisis estadístico y variográfico.

La representatividad se determina por la media de las desviaciones estándar de los valores de FF dentro de cada rango de búsqueda. Se busca que esta media sea lo más baja posible para asegurar una

mejor representatividad. Además, se busca minimizar la variabilidad de las desviaciones estándar mencionadas y seleccionar la mayor cantidad de datos posible.

Para asegurar una mejor representatividad, la dimensión de búsqueda debería ser lo más pequeña posible. En este caso, se elige una dimensión de 50×50×50 metros.

Figura 11

Representatividad de valores de FF a diferentes rangos de búsqueda

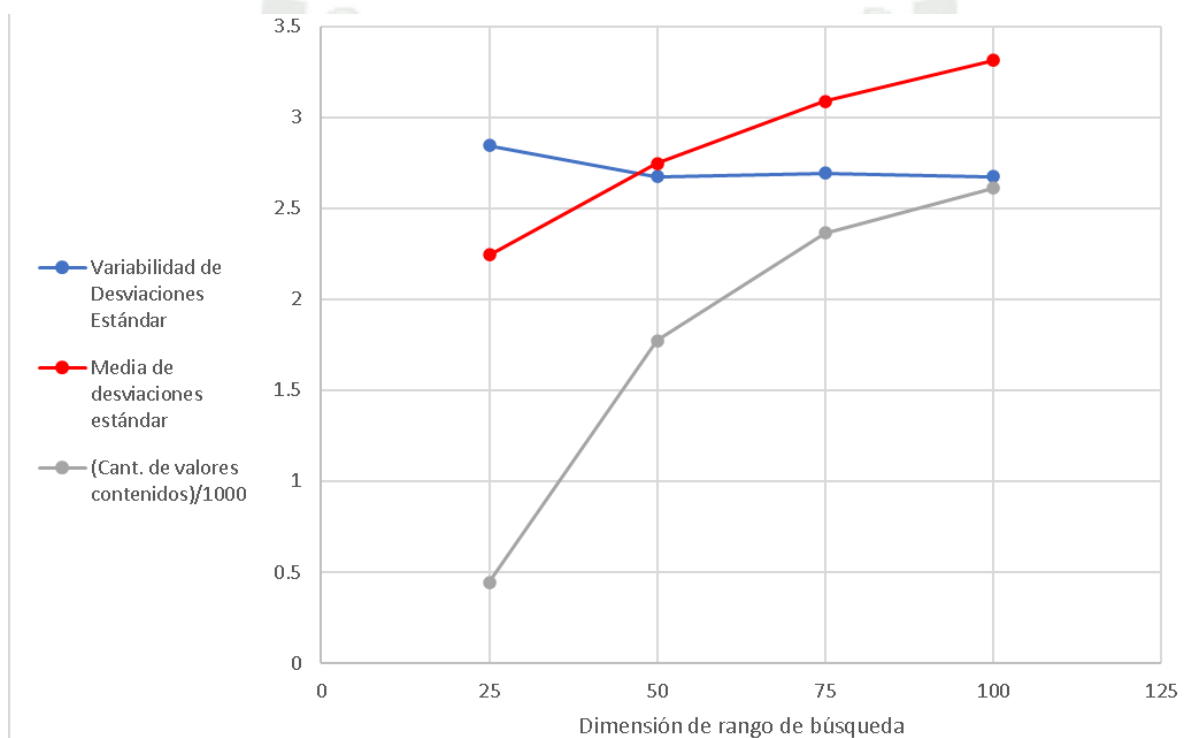
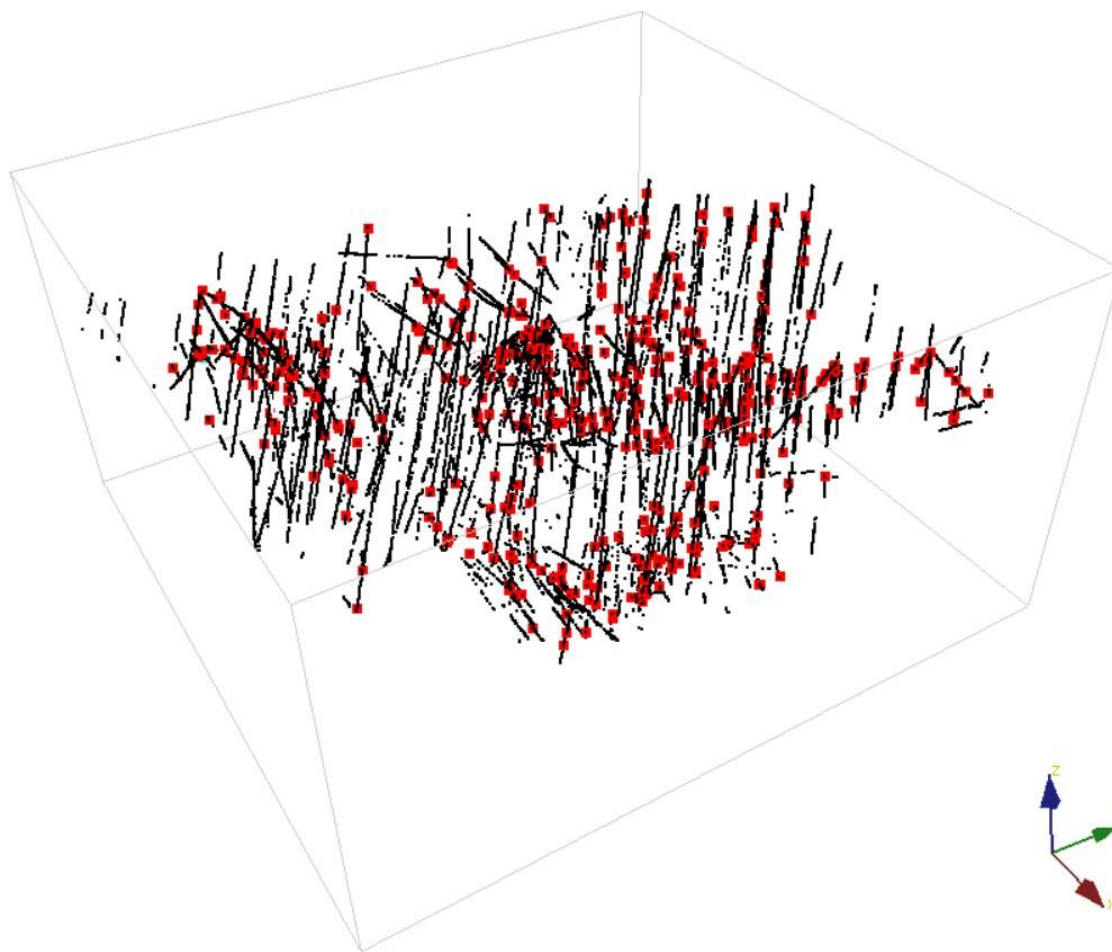


Figura 12*Vista de los puntos seleccionados*

Nota. Los recuadros rojos representan la ubicación de los puntos seleccionados, los puntos negros, el resto de puntos muestrales.

El paralelepípedo que se muestra, y que contiene los datos, define las aristas del modelo de bloques. Este modelo, generado a través de las interpolaciones desarrolladas en este proyecto, está compuesto por 460,071 bloques. De este total, 425 bloques contienen los puntos seleccionados. Además, todos los puntos que se encuentran en el mismo bloque que los puntos seleccionados serán separados para realizar validaciones cruzadas de retención. Esto significa que estos puntos no se utilizan en los cálculos de las interpolaciones.

4.1.2.2. Análisis variográfico vectorial

Las direcciones de sondeo en las que fueron obtenidos los puntos seleccionados son asumidas como las direcciones perpendiculares a los planos de las fracturas ubicadas en dichos puntos. Los variogramas generados de las tres componentes espaciales de los vectores unitarios de dichas direcciones determinan si existe correlación espacial entre los puntos seleccionados.

A continuación, se muestran los variogramas omnidireccionales de las componentes cartesianas de los vectores unitarios que representan a las direcciones perpendiculares a los planos de las familias de fracturas ubicadas en los puntos seleccionados en la sección anterior. Los modelos de los variogramas direccionales y sus respectivos alcances anisotrópicos se muestran en los Anexos de A, B y C.

Figura 13

Variograma omnidireccional de componentes en X de direcciones de familias de fracturas

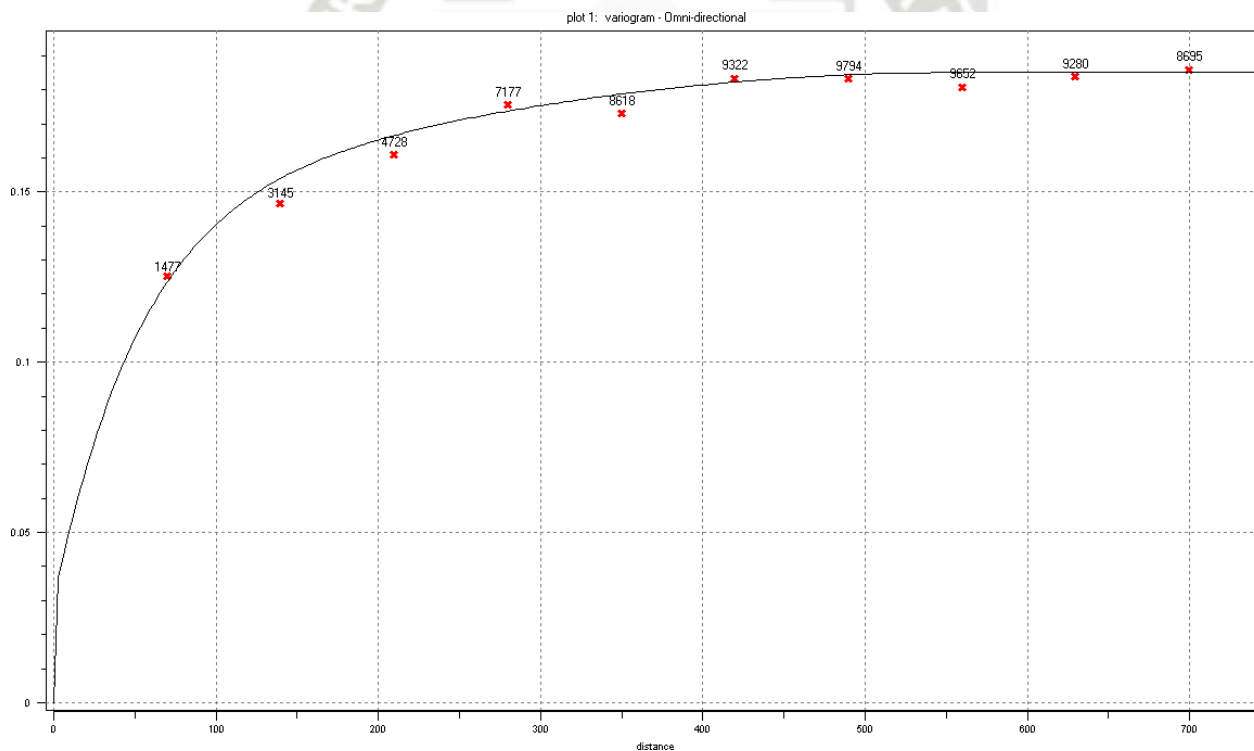


Figura 14

Variograma omnidireccional de componentes en Y de direcciones de familias de fracturas

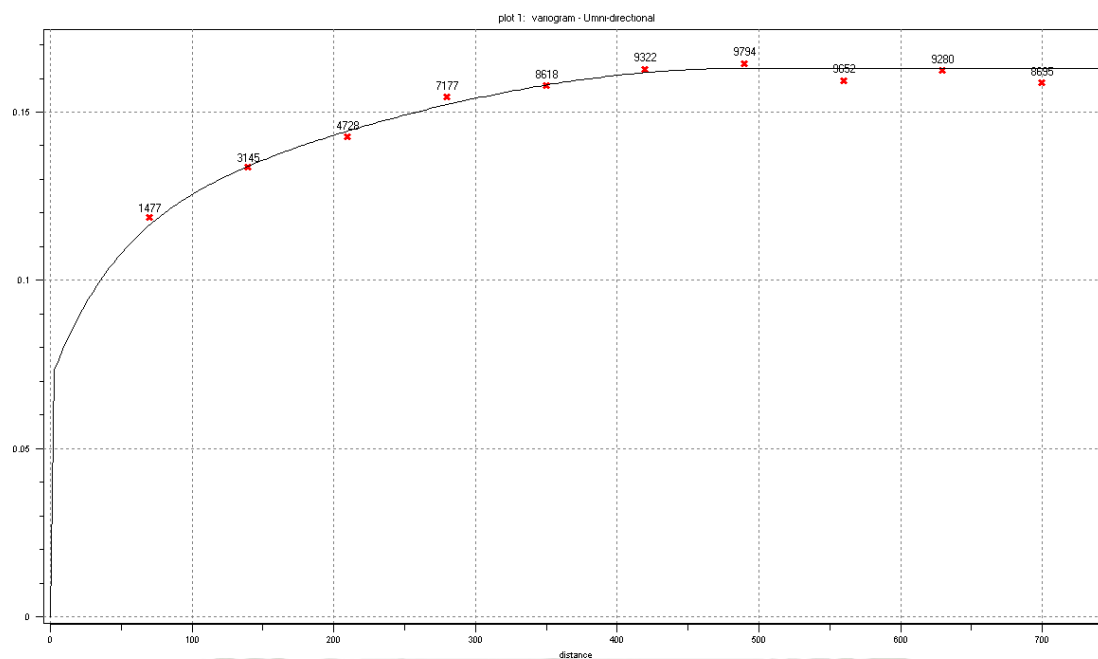
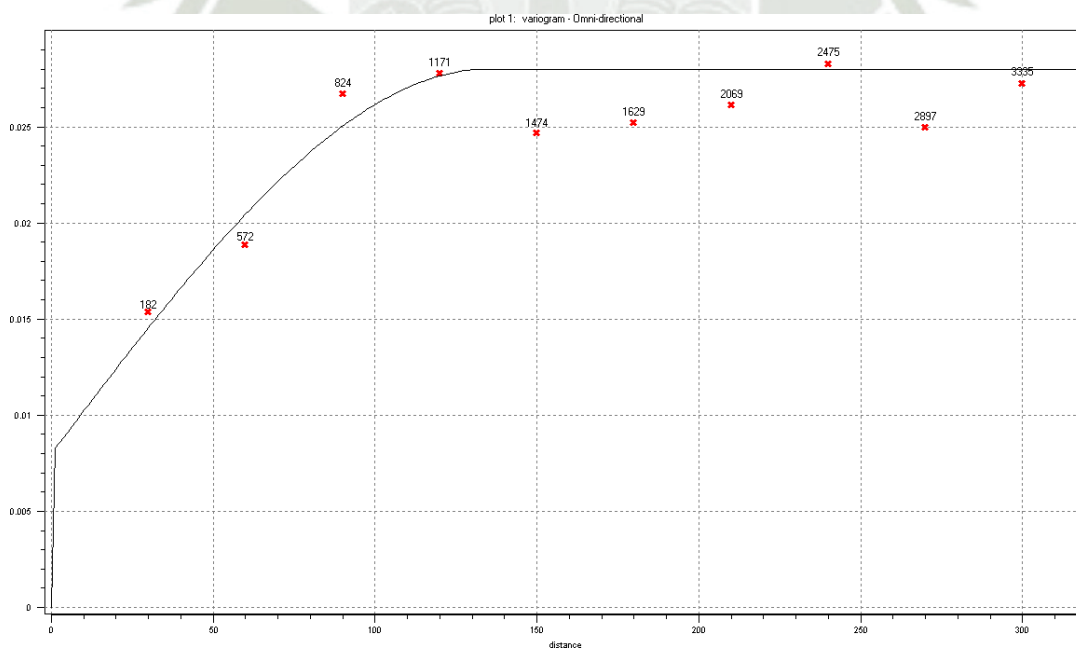


Figura 15

Variograma omnidireccional de componentes en Z de direcciones de familias de fracturas



Todos los variogramas teóricos omnidireccionales mostrados en las Figuras 13, 14 y 15 fueron diseñados con un modelo anidado compuesto por un modelo de efecto pepita, un modelo exponencial y

un modelo esférico. El nivel de anisotropía en las componentes en X de los vectores unitarios de las direcciones de las fracturas es bastante bajo. La dirección de mayor alcance es la vertical, con un alcance de 557 metros, mientras que las direcciones Este- Oeste y Norte-Sur tienen alcances de 550 metros.

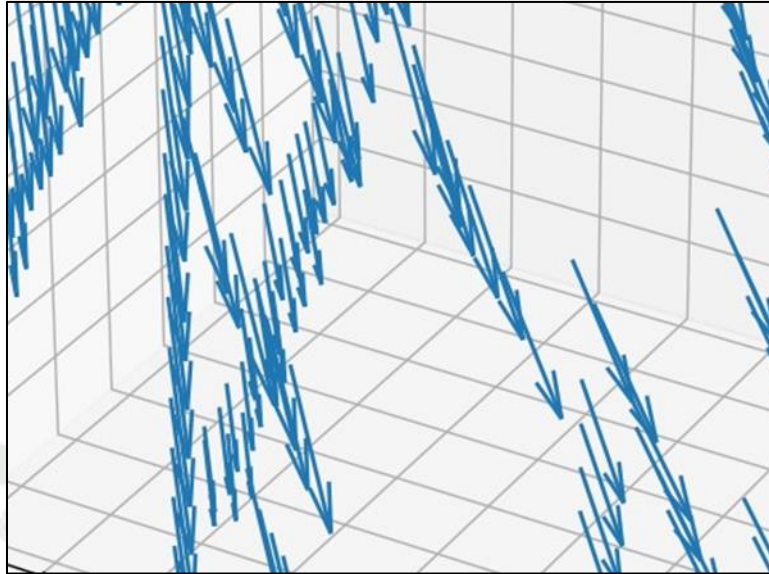
En cuanto a las componentes en Y, el escenario es distinto. La anisotropía en la dirección de mayor alcance (dirección vertical) es de 855 metros. En la dirección de alcance intermedio (Norte-Sur), el alcance es de 781 metros, y en la dirección de menor alcance (Este- Oeste), el alcance es de 384 metros.

Para las componentes en Z, la anisotropía es prácticamente inexistente, presentándose un caso isotrópico con un alcance de 132 metros en todas las direcciones.

El menor alcance observado en los valores de las componentes en Z se atribuye a la disposición y orientación espacial de las fracturas en el macizo rocoso. Estas fracturas suelen distribuirse en 'capas' con una tendencia hacia la horizontalidad. Por lo tanto, la distancia de correlación entre las componentes verticales de los vectores analizados es menor en comparación con las otras dos componentes.

Figura 16

Sección de modelo tridimensional de vectores unitarios estimados



La Figura 16 ilustra una sección de la disposición de puntos de muestreo. A cada punto se le ha asignado el correspondiente vector unitario estimado. La dirección de cada vector simboliza la dirección estimada perpendicular a los planos de las fracturas en cada punto de muestreo. Los vectores observados se agrupan en líneas que siguen direcciones específicas. Estas direcciones están determinadas por las orientaciones en las que se llevaron a cabo los sondeos. Además, representan las direcciones que las fracturas asumirían en ausencia de las correcciones discutidas en este proyecto.

4.1.2.3. Corrección de valores de FF y RQD

Se realizaron correcciones de Terzaghi de los valores de FF y RQD en 20,708 puntos muestrales y se realizó un análisis de la correlación entre los valores corregidos de estos parámetros.

Figura 17

Histogramas de valores de FF originales (izquierda) y de FF corregidos (derecha)

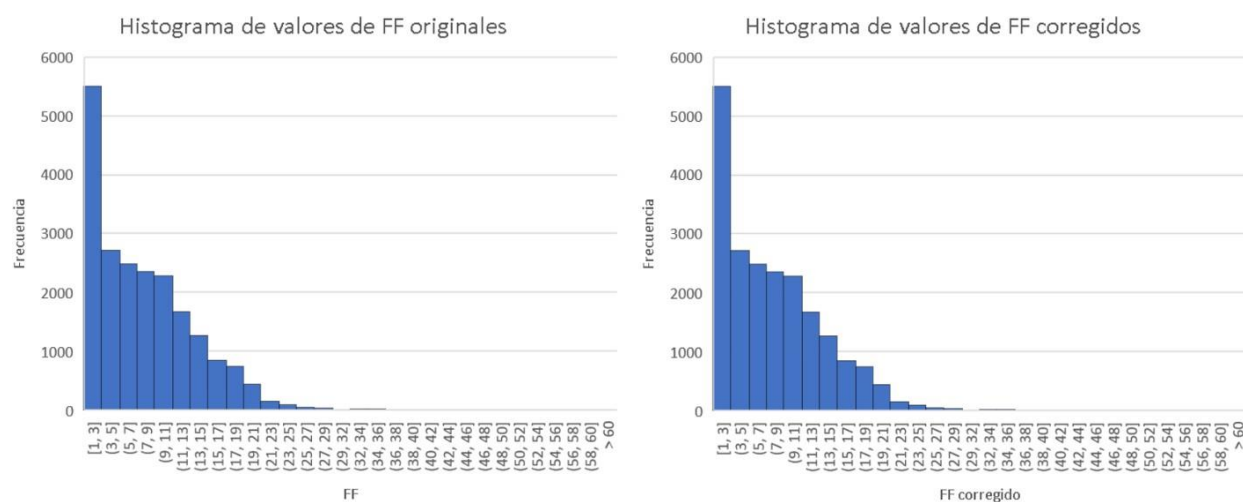


Tabla 6

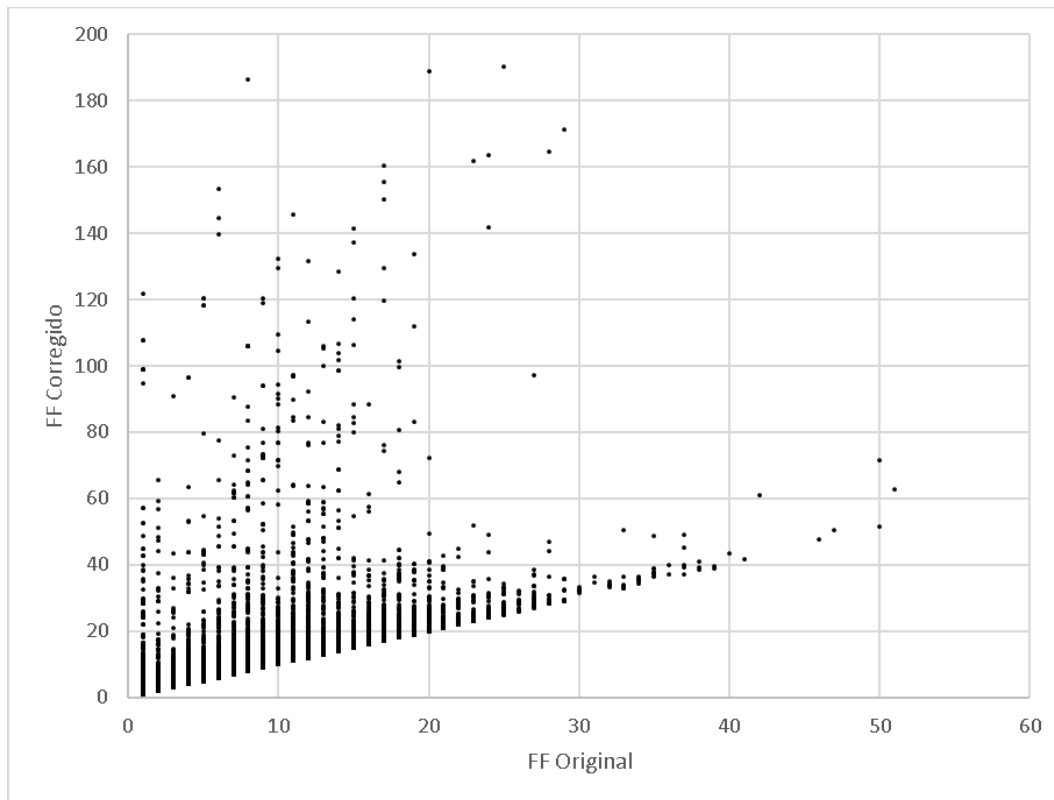
Parámetros estadísticos básicos de valores de FF originales y corregidos

	FF original	FF corregido
Núm. de datos	20 708	20 708
Media	8.13	15.03
Varianza	38.96	26 830.98
Desv. Est.	6.24	163.80
Mínimo	1	1
Q1	3	4.13
Mediana	7	8.67
Q3	12	14.15
Máximo	180	17 645.42

Los valores elevados de la Frecuencia de Fracturas (FF) son una consecuencia directa de las correcciones de Terzaghi. Cuando el ángulo que se forma entre la dirección de sondeo y la dirección estimada se aproxima a 90° , las correcciones resultantes tienden a ser muy altas. Como resultado, los valores del espacio entre las discontinuidades, que son necesarios para calcular el Índice de Resistencia de Masas Rocosas (RMR), resultan ser muy pequeños en estos puntos específicos. El alto valor de la varianza y desviación estándar se debe a los valores altos obtenidos en dicha corrección.

Figura 18

Gráfico de dispersión de valores de FF originales VS FF corregidos



El coeficiente de correlación de Pearson para la relación de valores de FF originales y corregidos es de 0.0637 y su valor de R^2 es de 0.0041. Esto implica que la corrección ha modificado los valores de FF de tal forma que no guardan correlación con sus valores originales.

Figura 19

Histogramas de valores de RQD originales (izquierda) y corregidos (derecha)

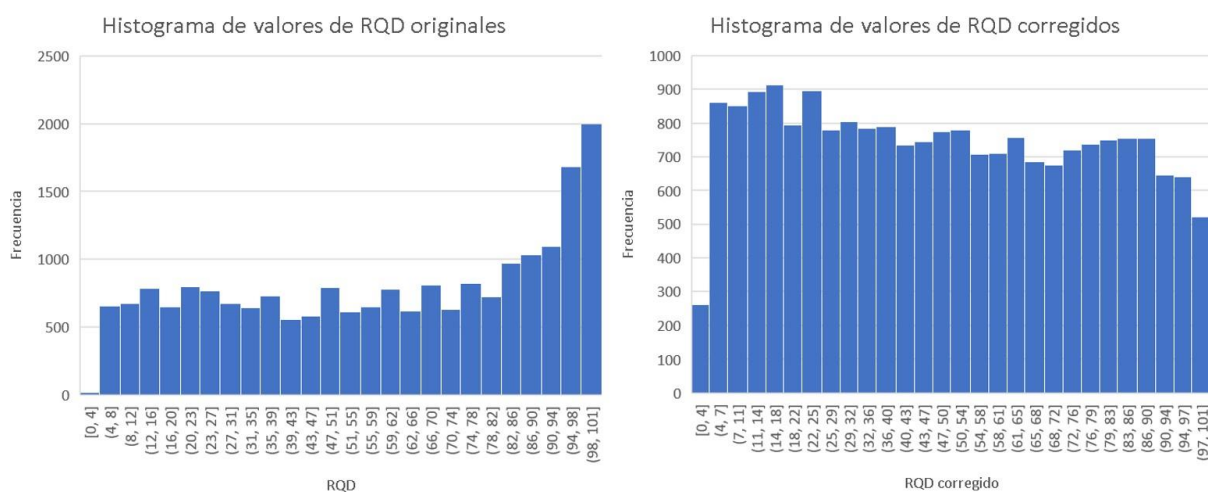


Tabla 7

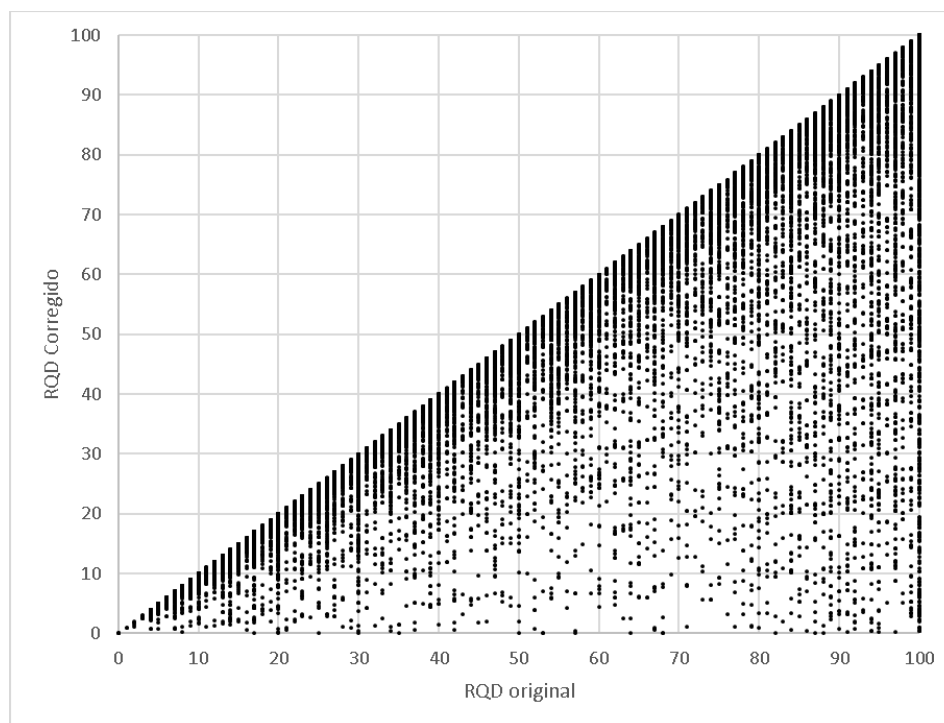
Parámetros estadísticos básicos de valores de RQD originales y corregidos

	RQD_{original}	RQD_{corregido}
Núm. de datos	20 708	20 708
Media	59.47	49.02
Varianza	915.68	799.66
Desv. Est.	30.26	28.28
Mínimo	0	0
Q1	33	23.93
Mediana	63	48.04
Q3	88	73.67
Máximo	100	100

En lo que respecta al parámetro de Calidad de la Roca (RQD), las correcciones de Terzaghi resultan en una disminución de sus valores originales. En particular, la media se ha reducido en un 17.6%, mientras que la desviación estándar ha disminuido en un 6.54%.

Figura 20

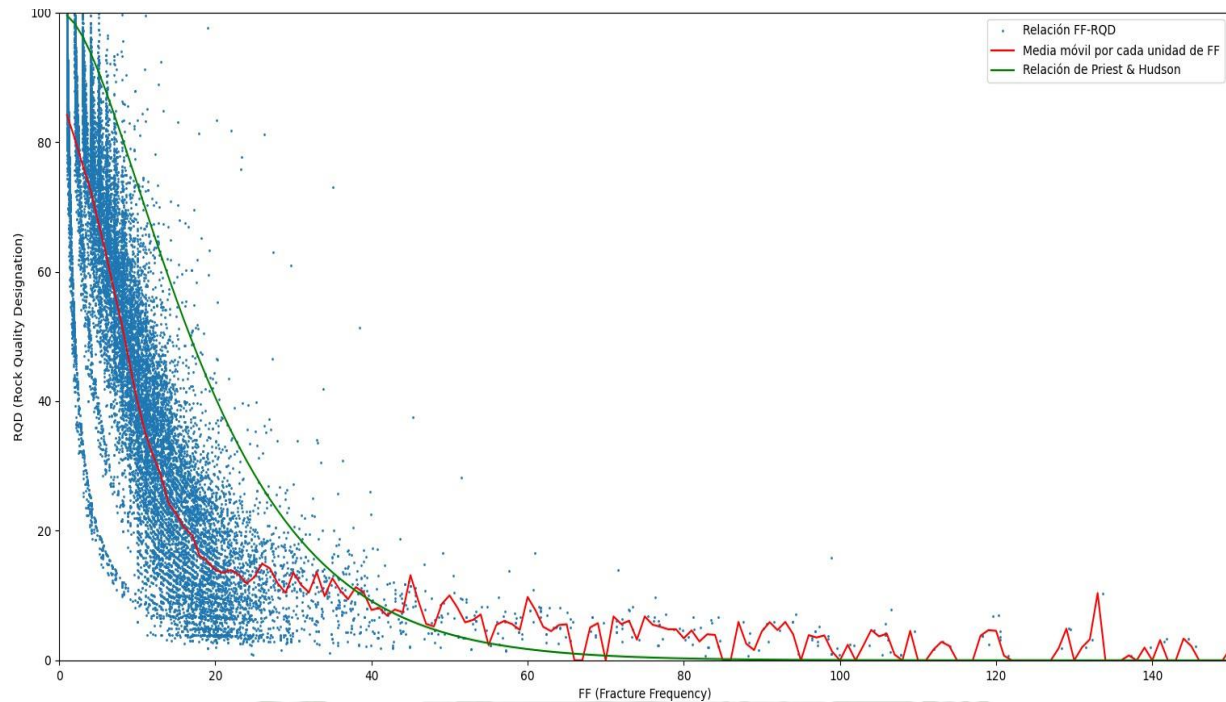
Gráfico de dispersión de valores de RQD originales VS RQD corregidos



El coeficiente de correlación de Pearson, que mide la relación entre los valores originales y corregidos del Calidad de la Roca (RQD), es de 0.8637, y su valor de R^2 es de 0.6951. Esto indica que, al igual que con el parámetro del Frecuencia de Fracturas (FF), no existe una correlación significativa entre los valores originales y corregidos del RQD, más que por compartir los mismos límites numéricos conceptuales (0% y 100%).

Figura 21

Gráfico de dispersión de valores de FF y RQD corregidos



La relación que se muestra en la Figura 21 sigue una función continua hasta alcanzar un valor de FF cercano a 20. A partir de este punto, los datos se dispersan más, aunque mantienen una tendencia a seguir una función asintótica en el eje horizontal. Los valores corregidos siguen guardando una correlación semejante a la planteada por Priest y Hudson.

4.1.3. Interpolaciones de parámetro RMR

4.1.3.1. Metodología A. Los índices RMR, obtenidos mediante la metodología A, se derivaron de los parámetros FF, RQD, JC, UCS y WC, sin aplicar las correcciones de Terzaghi. Se presupone que el valor de RMR en cada punto de muestreo refleja la calidad del macizo rocoso correspondiente a dichos puntos.

Figura 22

Histograma y valores estadísticos básicos de RMR

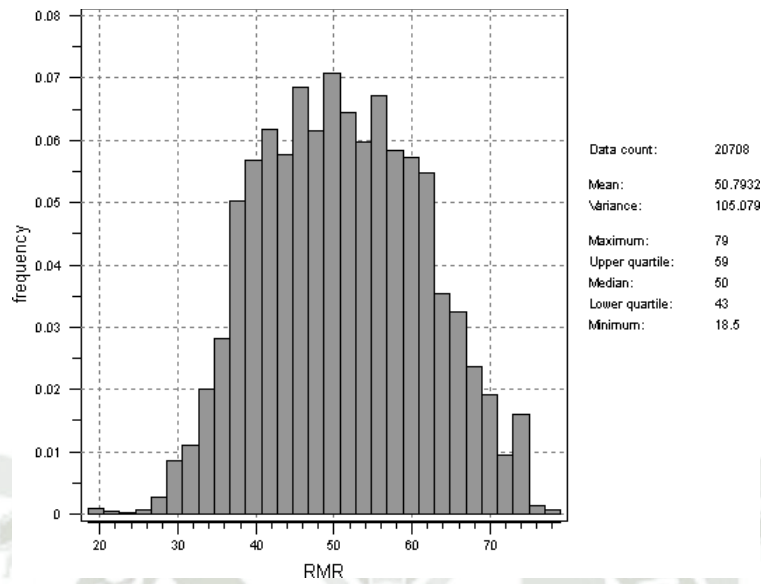
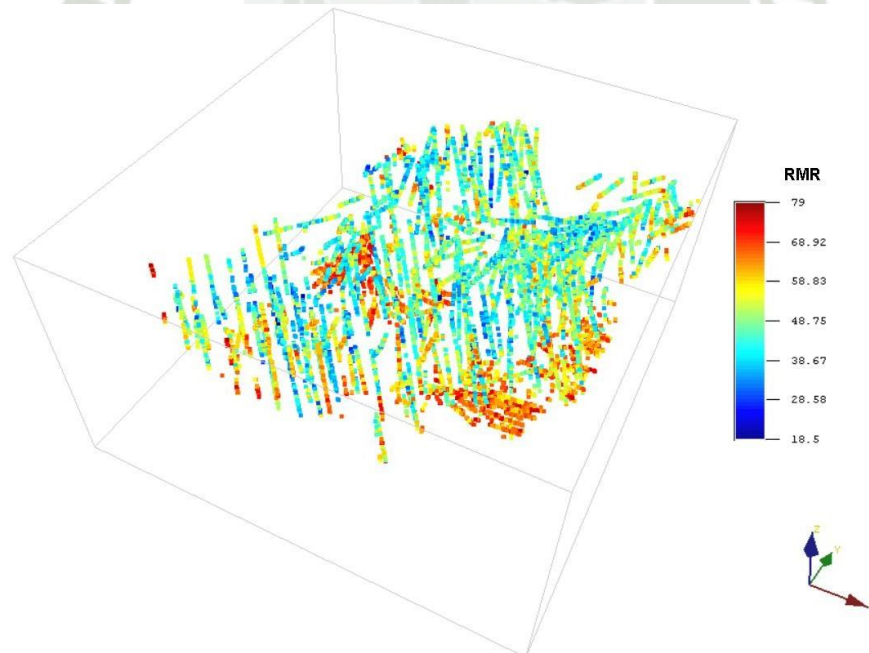


Figura 23

Disposición espacial de valores de RMR

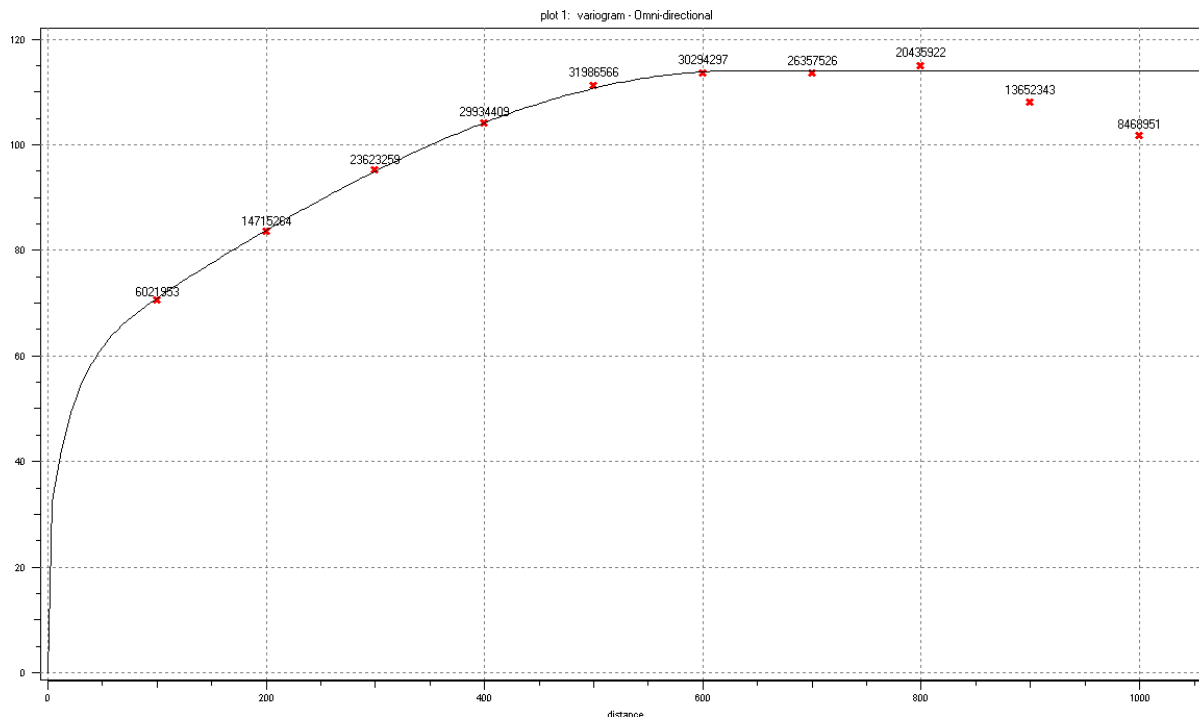


Nota. Los valores calculados de los índices RMR se encuentran en el Anexo J

4.1.3.1.1. Análisis variográfico.

Figura 24

Variograma Omnidireccional de RMR



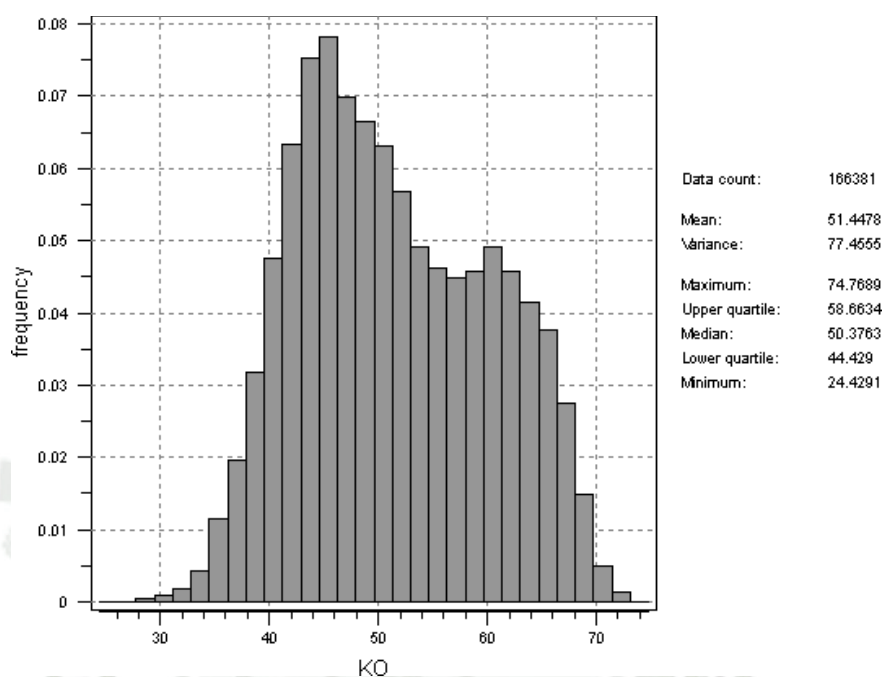
El variograma teóricos mostrado en la Figura 24 fue diseñado con un modelo anidado compuesto por los modelos de efecto pepita, exponencial y esférico. La variografía muestra un efecto pepita igual a 26, una meseta de 174 y un alcance de 630 metros.

Los variogramas teóricos en las direcciones anisotrópicas principales se muestran en el Anexo D.

4.1.3.1.2. Resultados de estimación. Utilizando los variogramas teóricos diseñados, se generó un modelo tridimensional de bloques con valores de RMR. Este modelo, compuesto por 166,381 unidades, fue estimado a través del método de Kriging ordinario de bloques. Adicionalmente, se obtuvo un modelo tridimensional que representa las varianzas de kriging para cada unidad.

Figura 25

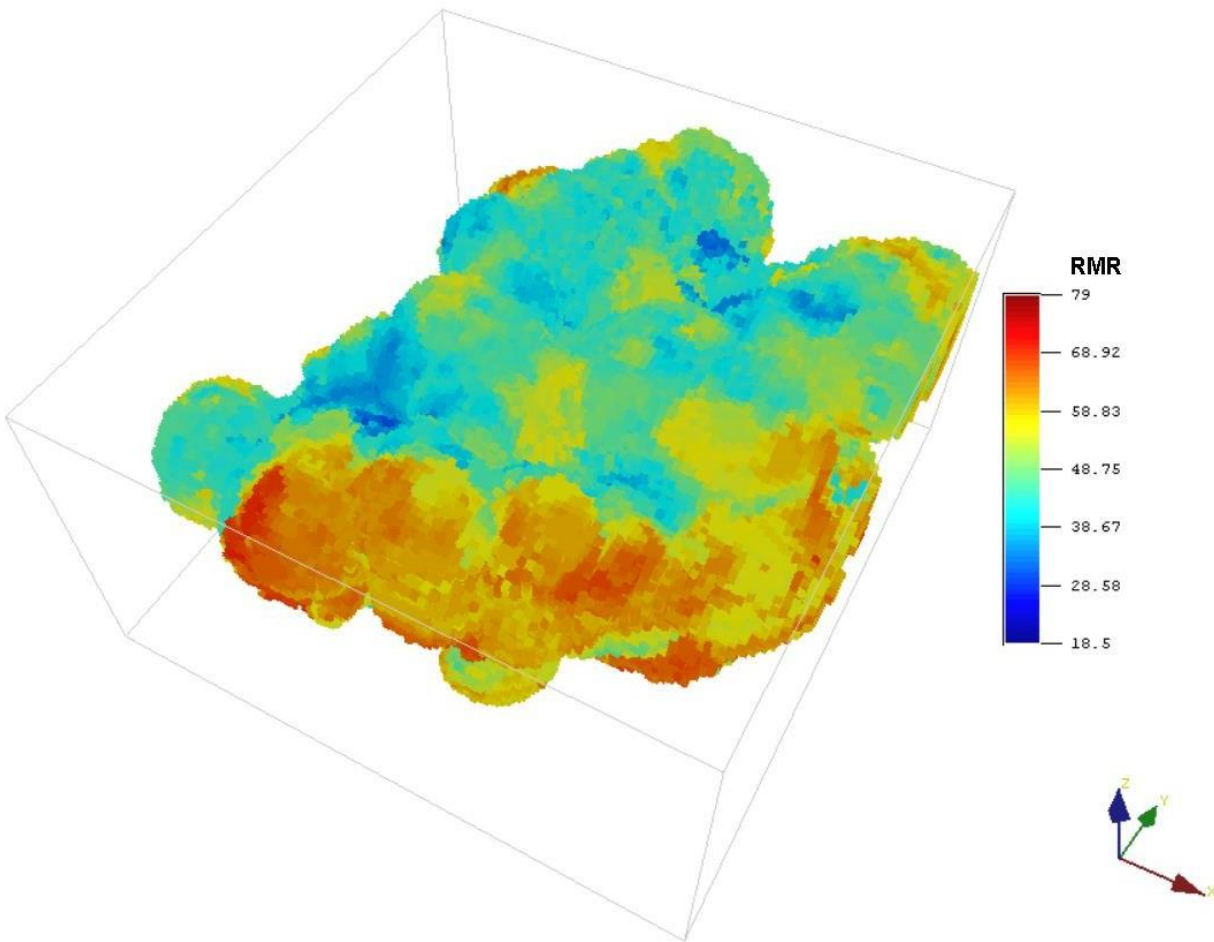
Histograma y valores estadísticos básicos de la estimación por kriging de bloques de RMR



Se observa que los valores estimados de RMR sin corregir exhiben una distribución de frecuencias gaussiana, con la posibilidad de una población secundaria. La media de estos valores, 51.45, corresponde a una categoría de potencial de rotura y deslizamiento ‘Medio’. Es notable que no existen valores de RMR que correspondan a las categorías ‘Muy Bajo’ y ‘Muy Alto’. Además, la varianza de los valores de RMR en los bloques estimados ha disminuido un 29.14% en comparación con los valores de RMR obtenidos utilizando los parámetros originales (sin correcciones).

Figura 26

Modelo de bloques estimado por kriging de valores de RMR



Todos los modelos de bloques generados a través de las dos metodologías implementadas en este proyecto poseen la misma cantidad y distribución espacial de sus unidades, contando con 166,381 bloques. Estas características están determinadas por los alcances identificados en los análisis variográficos. El hecho de que ambas metodologías utilicen la misma cantidad y distribución de bloques facilita la comparación visual y numérica de los resultados obtenidos por cada una.

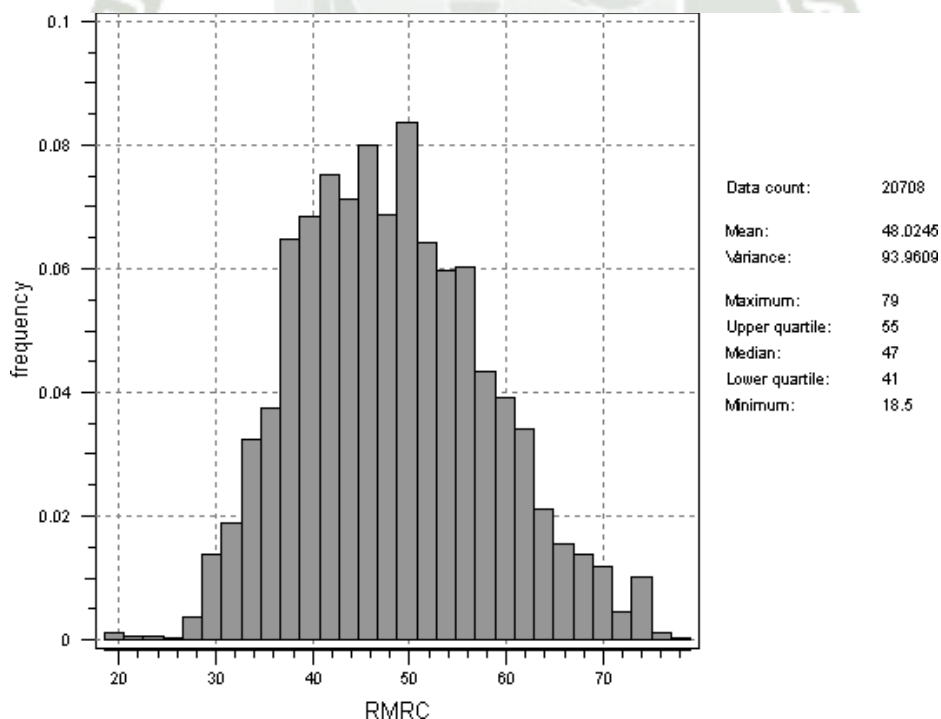
4.1.3.2. Metodología B. En realidad, los resultados obtenidos a través de la metodología B se fundamentan inicialmente en las correcciones de Terzaghi, las cuales se desarrollaron en la sección 4.2.

Estas correcciones son un componente integral de la metodología B, pero fue necesario elaborarlas primero para poder identificar los puntos que se separarán para realizar las validaciones cruzadas de retención. Cabe destacar que estos puntos no se incluirán en las estimaciones de ambas metodologías (A y B).

Esta metodología se fundamenta en la interpolación de los valores de RMR, los cuales se obtienen a partir de los parámetros corregidos FF y RQD mencionados en la sección 4.2, así como de los parámetros JC, UCS y WC. Con el objetivo de distinguir estos nuevos valores de RMR, que se derivan de la corrección de valores, de aquellos valores de RMR obtenidos sin aplicar ninguna corrección, se denominará a los primeros como RMR_C , donde el subíndice 'C' denota 'corregido'.

Figura 27

Histograma y valores estadísticos básicos de RMR_C

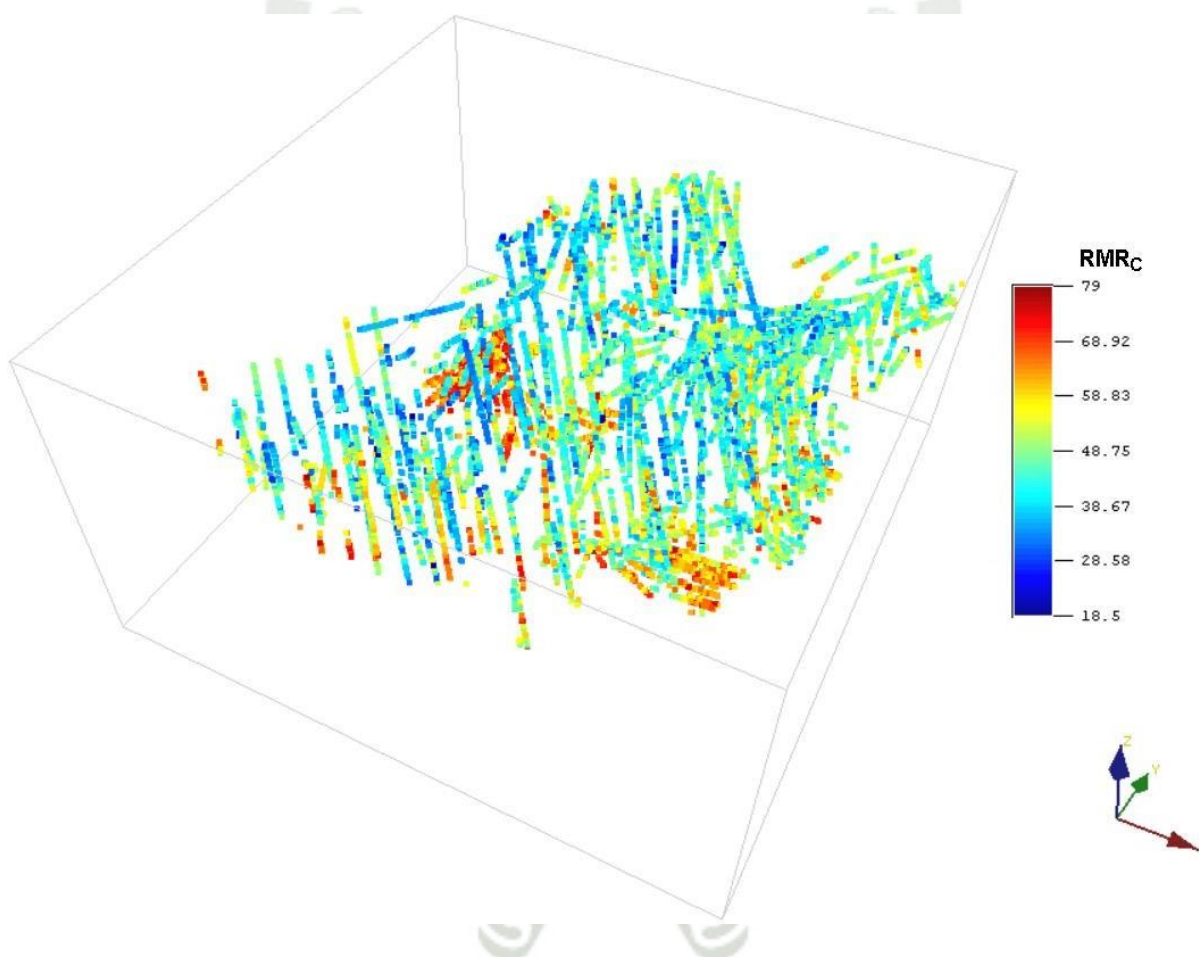


La media de los valores de RMR determinados después de la corrección disminuyó un 5.45% en comparación con los valores de RMR originales, y la varianza disminuyó un 10.58%. Ambos conjuntos

de valores muestran una distribución de frecuencias similar, con cierta semejanza a una distribución gaussiana de una sola población. En ambos casos, se observa que la clasificación predominante del potencial de rotura y deslizamiento es 'Medio', y hay una presencia casi inexistente de las clasificaciones 'Muy Bajo' y 'Muy Alto'.

Figura 28

Disposición espacial de valores de RMR_C

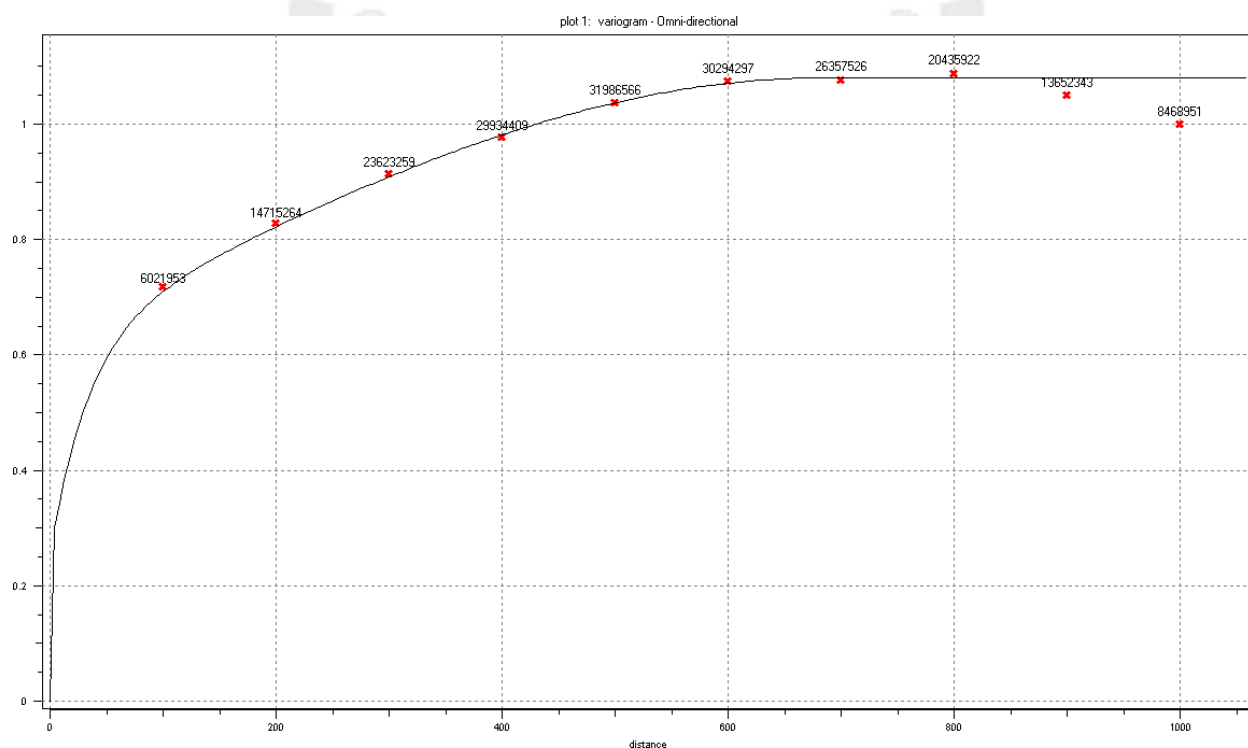


Nota. Los valores de los índices RMR_B se encuentran ubicados en el Anexo J.

4.1.3.2.1. Análisis variográfico. La técnica geoestadística conocida como Simulación Secuencial Gaussiana, antes de proceder con el análisis variográfico, exige una transformación de los datos utilizando el procedimiento de anamorfosis inversa. Cabe destacar que el análisis variográfico mostrados a continuación se aplicó a los valores ya transformados.

Figura 29

Variograma Omnidireccional de valores de RMRC transformados

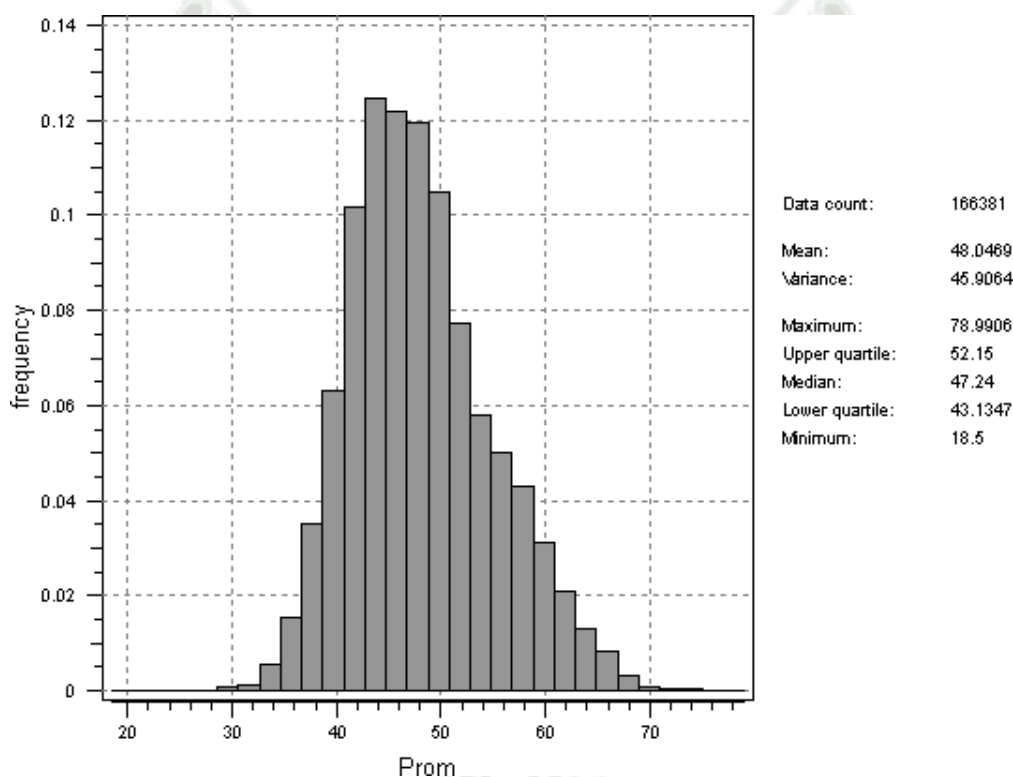


La variografía muestra un efecto pepita con un valor de 0.25 y alcanza una meseta en 1.08. El alcance observado es de 680 metros, lo que representa una diferencia de 50 metros con respecto al alcance de los valores de RMR previos a las correcciones. El variograma teórico, ilustrado en la Figura 29, es el resultado de un variograma anidado que consta de tres estructuras: un efecto pepita, un modelo exponencial y un modelo esférico. Sin embargo, debido a la naturaleza de la transformación por anamorfosis, este variograma no puede compararse directamente con el variograma de los valores de RMR presentado en la Figura 24, excepto en términos de sus alcances.

4.1.3.2.2. Resultados de las simulaciones. Se llevaron a cabo 100 simulaciones secuenciales gaussianas para cada bloque del modelo tridimensional. Esto resultó en un total de 16'638,100 valores simulados de RMR. A continuación, se presentan los estadísticos básicos, junto con una vista en perspectiva que muestra la disposición de los promedios de estas simulaciones en cada unidad del modelo de bloques.

Figura 30

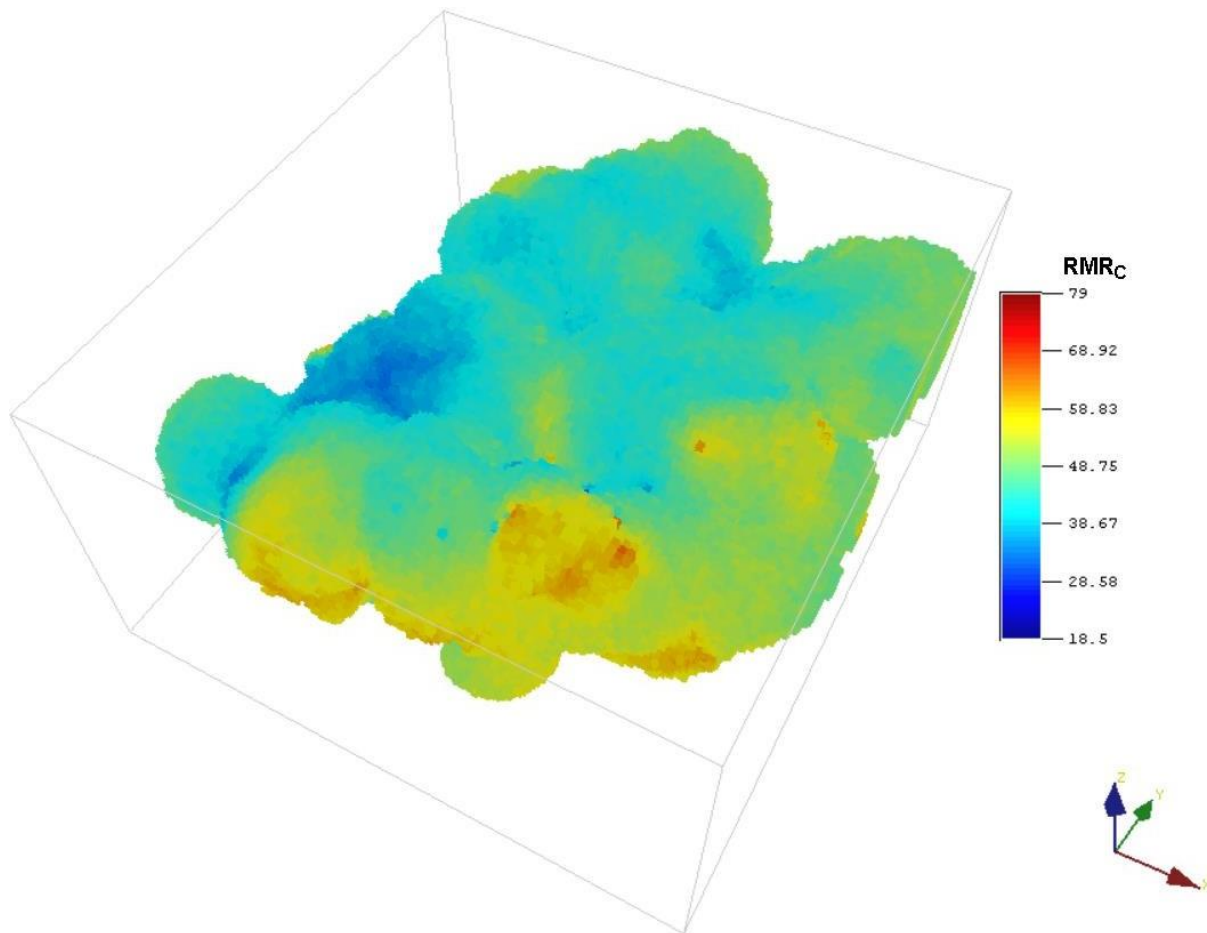
Histograma y valores estadísticos básicos de promedios de las simulaciones para valores de RMR_C



La media de los bloques interpolados utilizando la Metodología B muestra una variación del 0.05% en comparación con los valores de RMRC. Sin embargo, se observa una disminución en la varianza del 51.14%. Como resultado, se incrementa el número de bloques clasificados con un potencial de rotura y deslizamiento “Medio”, mientras que las demás categorías muestran una disminución.

Figura 31

Modelo de bloques de promedios de valores simulados



Con una varianza reducida, se observa que los bloques interpolados a través de la Metodología B exhiben colores en la escala visual que corresponden a valores de RMR más próximos al centro de dicha escala.

4.1.4. Comparación de resultados de validaciones

4.1.4.1. Validaciones cruzadas de retención. En ambas metodologías, se genera un modelo tridimensional de bloques. Para llevar a cabo las validaciones cruzadas, se compara el comportamiento estadístico de los puntos muestrales contenidos en los bloques del modelo previamente seleccionados con una cantidad igual de puntos estimados por Kriging en los mismos bloques seleccionados. En el caso de las simulaciones condicionales, de manera similar a la estimación por kriging, se realiza una comparación

entre los valores de los puntos muestrales contenidos en los bloques seleccionados previamente y una misma cantidad de valores simulados para cada bloque.

Posteriormente, se comparan las validaciones mediante gráficas QQ y PP, pruebas de Kolmogórov-Smirnov y análisis de los errores cuadráticos medios.

Figura 32

Comparación de histogramas de valores de RMR

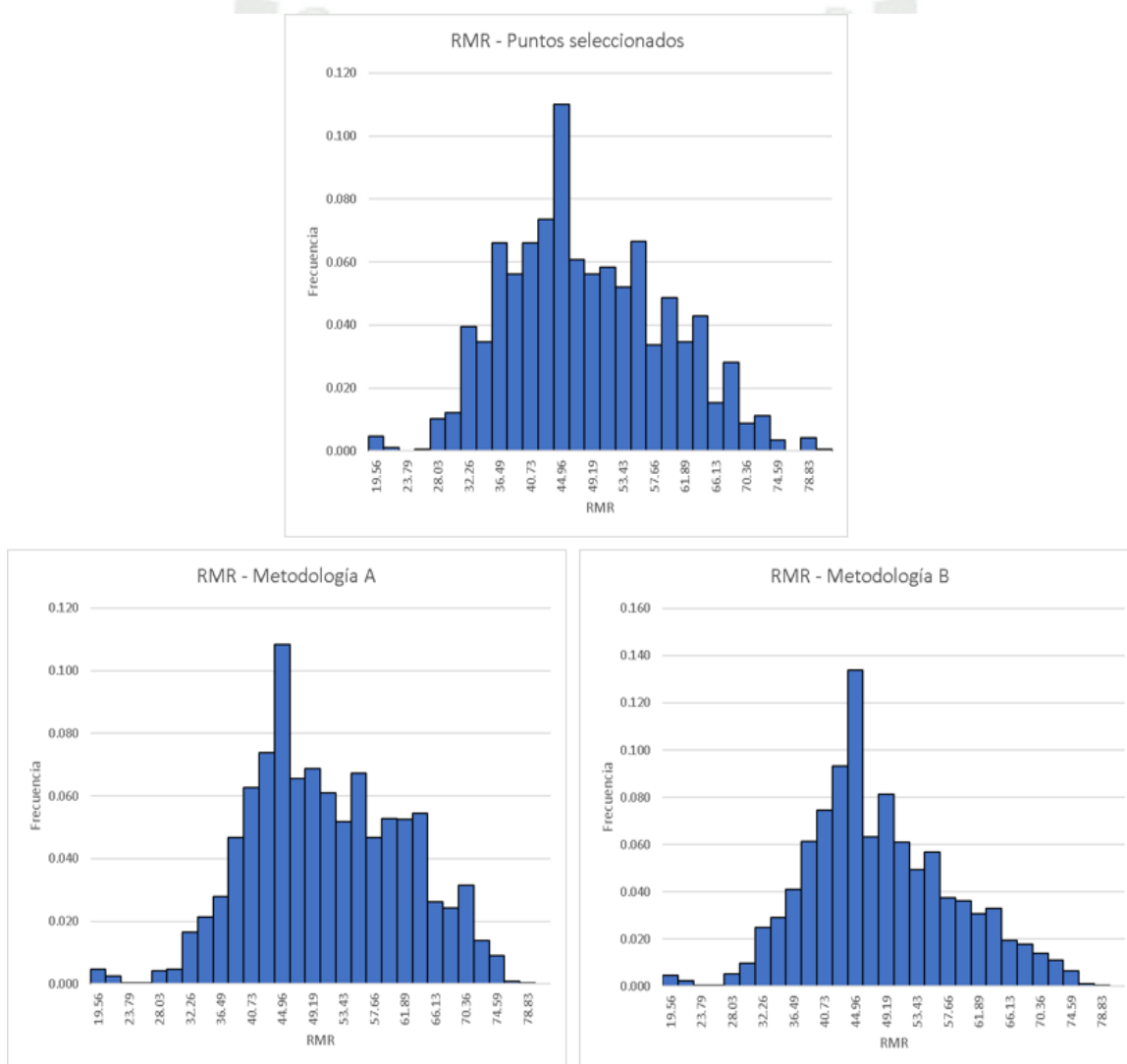


Tabla 8

Valores estadísticos básicos de puntos seleccionados para validación y puntos interpolados con ambas metodologías

RMR	Puntos Seleccionados	MetodologíaA	MetodologíaB
Núm. de datos	1,956	1,956	1,956
Media	48.39	51.05	48.34
Varianza	117.53	113.58	102.74
Desv. Est.	10.84	10.66	10.14
Mínimo	18.5	18.5	18.5
Q1	40	43	41
Mediana	47	50	47
Q3	56	59	55
Máximo	82	79	79

Como se puede observar en la Tabla 8, tanto la media como los principales indicadores estadísticos muestran una mayor similitud con los resultados obtenidos mediante la Metodología B en comparación con aquellos obtenidos a través de la Metodología A, al analizar cuartil por cuartil.

Figura 33

Gráficas Cuantil-Cuantil (QQ Plot) de valores medidos VS valores obtenidos mediante metodología A (izquierda) y metodología B (derecha)

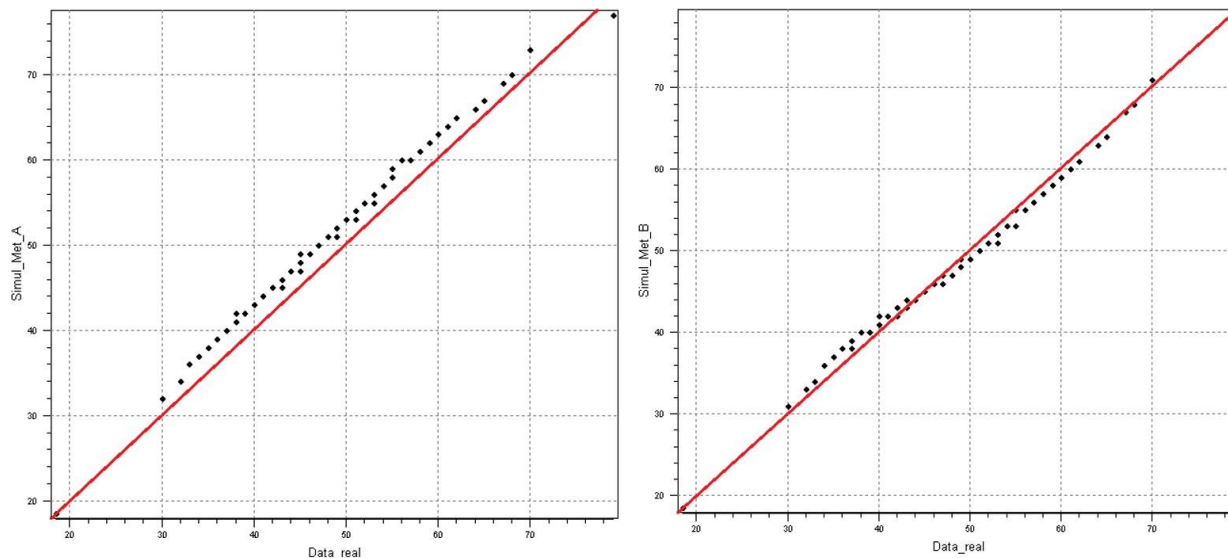
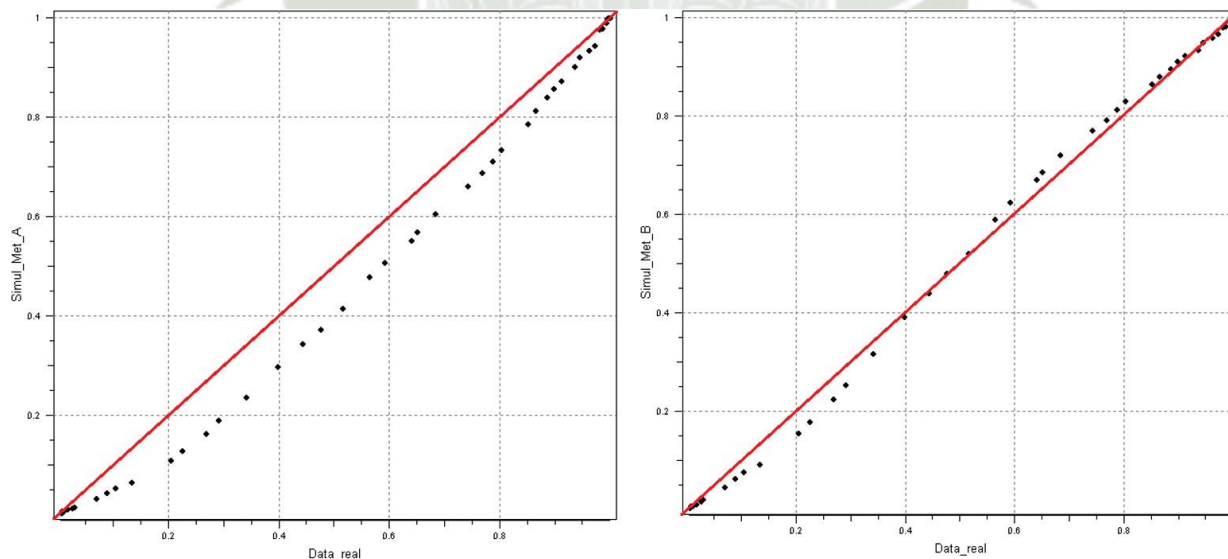


Figura 34

Gráfica Probabilidad-Probabilidad (PP Plot) de valores medidos VS valores obtenidos mediante metodología A (izquierda) y metodología B (derecha)



Las figuras anteriores proporcionan una verificación visual de que los valores derivados de la Metodología B se alinean más estrechamente con la línea diagonal roja. Esto sugiere que los datos

generados por esta metodología representan con mayor precisión los datos medidos en los bloques correspondientes.

Se aplicaron las pruebas de Kolmogórov-Smirnov para la representación estadística con un nivel de confianza del 95%. Las hipótesis planteadas para ambas pruebas son las siguientes:

Hipótesis nula (H_0): “Los valores simulados no representan estadísticamente a los valores medidos en los bloques extraídos”.

Hipótesis alternativa (H_1): “Los valores simulados representan correctamente a los valores medidos en los bloques extraídos”.

Para la validación de las pruebas de Kolmogórov-Smirnov, el valor teórico del parámetro estadístico será de 0.03075, dado que se tienen más de 100 valores en cada uno de los casos.

Tabla 9

Resultados de prueba de Kolmogórov-Smirnov

	Metodología A	Metodología B
Estadístico KS obtenido	0.0439	0.0286
Nivel de significancia	0.05	0.05
Estadístico teórico	0.0308	0.0308
¿Se cumple H_1?	No	Sí

Figura 35

Histogramas de Errores Cuadráticos Medios de valores interpolados por bloque

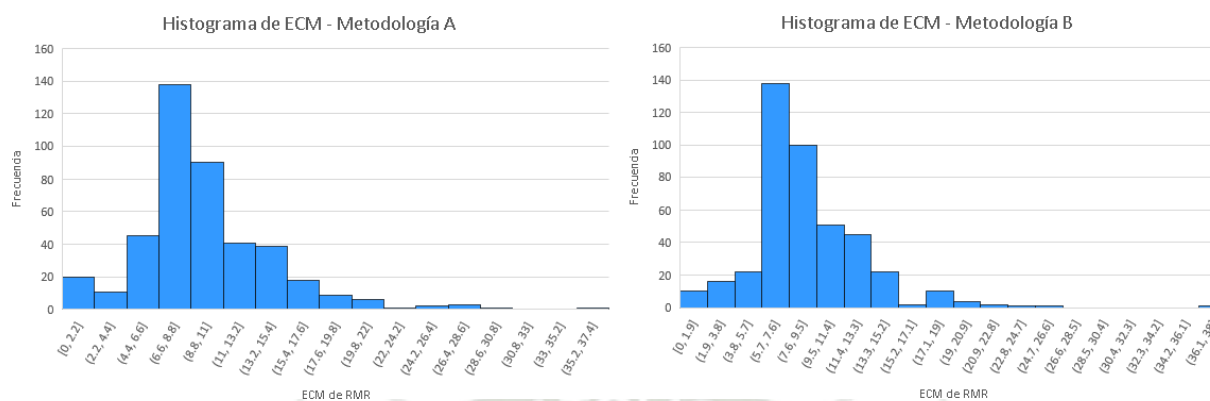


Tabla 10

Valores estadísticos descriptivos de los Errores Cuadráticos Medios

Estadístico	Metodología A	Metodología B
Media	9.68	8.81
Varianza	21.90	16.15
Desv. Est.	4.68	4.02
Mínimo	0	0
Máximo	37	37

La media de los Errores Cuadráticos Medios obtenidos a través de la Metodología B es aproximadamente un 9% menor que la obtenida con la Metodología A, mientras que la desviación estándar es un 14.1% menor. En este análisis, se espera una distribución similar a una log-normal. Aquella metodología que muestre una distribución más ajustada al lado izquierdo del gráfico (más cercana a cero) representará de manera más precisa la realidad de los datos del yacimiento. Dado que la variabilidad de estos errores se sesga hacia la derecha, un valor menor de la desviación estándar implicará que los valores interpolados se asemejan más estrechamente a los valores reales.

4.1.5. Modelos tridimensionales generados

Los modelos de bloques, generados a través de ambas metodologías, constan de 166,381 unidades organizadas en 51 bancos o niveles de bloques. En la presente sección, se presentarán las secciones horizontales de los modelos obtenidos, correspondientes a un nivel representativo, el cual está ubicado a 2,100 m. s. n. m.

Figura 36

Sección horizontal de modelo de bloques de RMR estimados mediante Metodología A

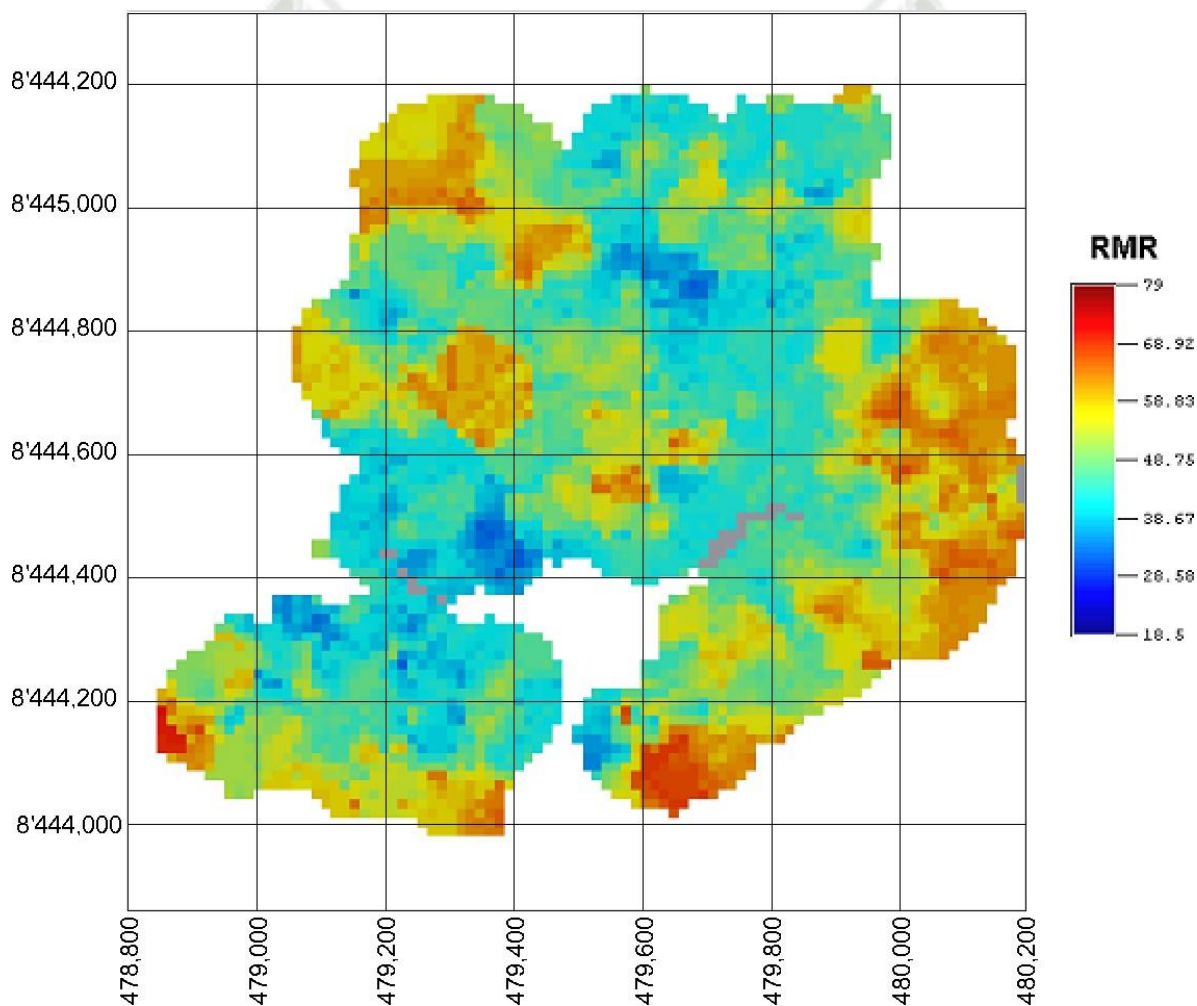
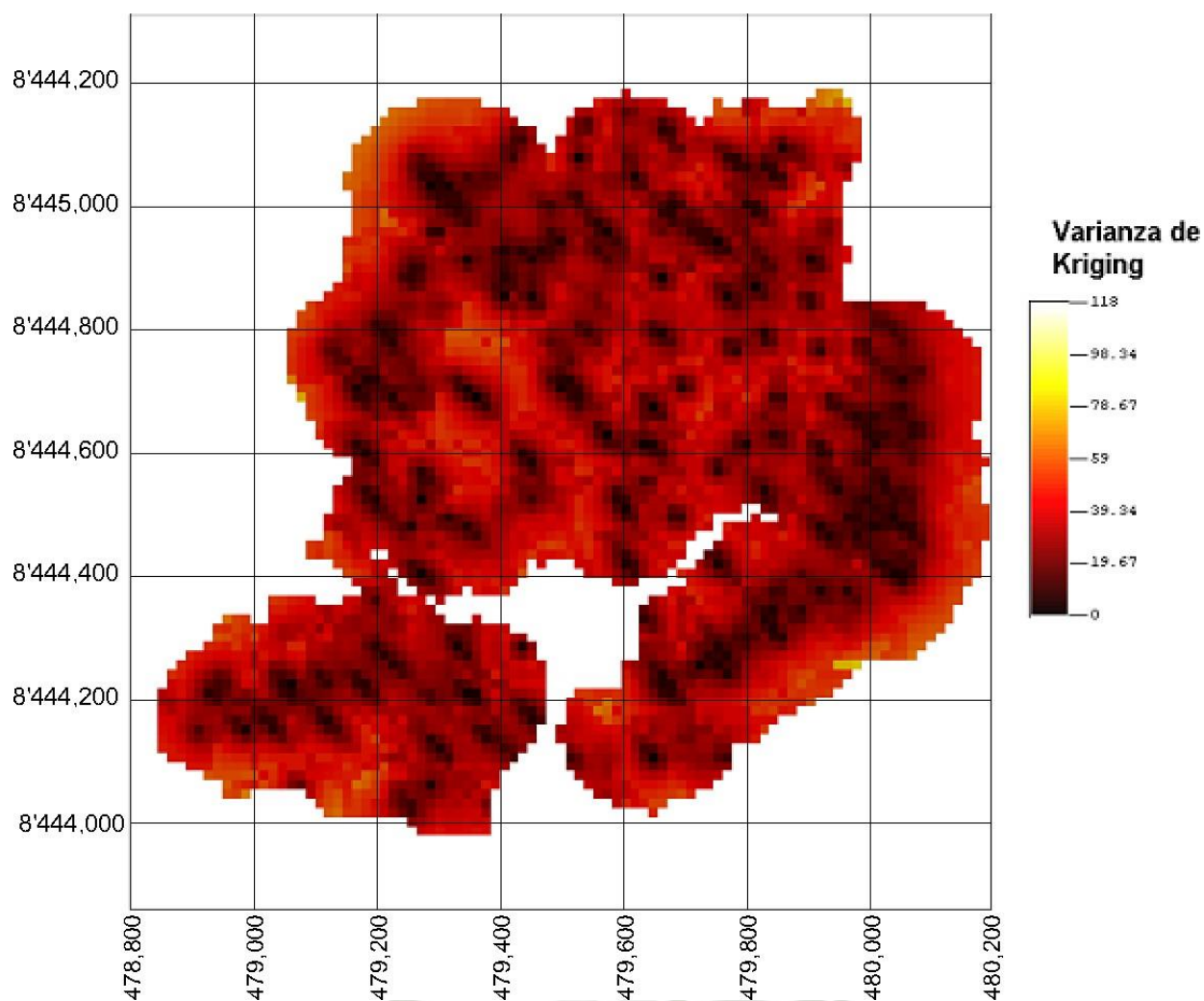


Figura 37

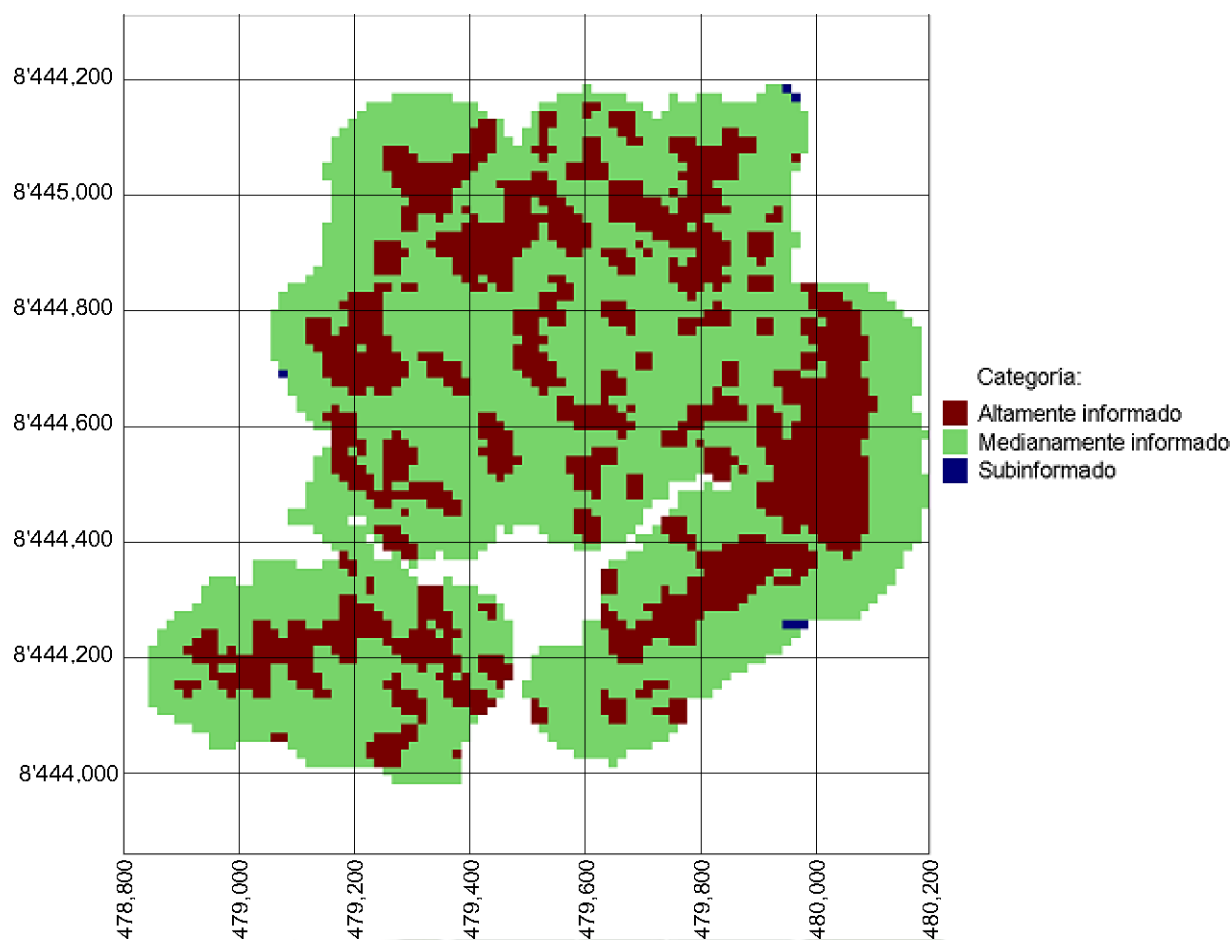
Sección horizontal de modelo de bloques de Varianza de Kriging



Como medidor de calidad de la estimación, el modelo tridimensional de varianzas de Kriging puede ser usado para categorizar las estimaciones realizadas en la metodología A, para efectos de este proyecto se realizó una categorización de cada bloque clasificada en tres categorías: Bloques altamente informados, bloques medianamente informados y bloques sub- informados.

Figura 38

Plano de categorización de estimaciones realizadas a partir de varianza de Kriging



La categorización mostrada en la Figura 36 está basada en una confiabilidad porcentual obtenida a partir de la varianza de Kriging según las siguientes condiciones:

Tabla 11

Categorización de valores estimados en función de la confiabilidad de la estimación

Confiabilidad de estimación	Categoría
66.7% - 100%	Altamente informado
33.3% - 66.7%	Medianamente informado
0% - 33.3%	Sub-informado

En la industria minera, es común categorizar los recursos mineros estimados mediante la técnica de Kriging en tres niveles: ‘medidos’, ‘indicados’ e ‘inferidos’, según el alcance de los variogramas utilizados en la estimación. El mismo procedimiento se usa con los parámetros geotécnicos. Sin embargo,

en esta tesis se muestra que también es posible categorizar los valores de los bloques estimados en función de la varianza obtenida. Estos valores de varianza se obtienen posteriormente a la estimación por Kriging.

En esta investigación se propone utilizar la varianza de Kriging como un criterio adicional para clasificar los bloques estimados. A diferencia de la práctica común en los campos de recursos mineros y parámetros geotécnicos, esta metodología no se basa únicamente en los variogramas, sino que considera la incertidumbre inherente a la estimación. Al incorporar la varianza de Kriging en la categorización, podemos obtener una visión más completa y precisa de la calidad de los recursos estimados.



Figura 39

Sección horizontal de modelo de bloques de promedio de 100 valores simulados de RMR mediante Metodología B

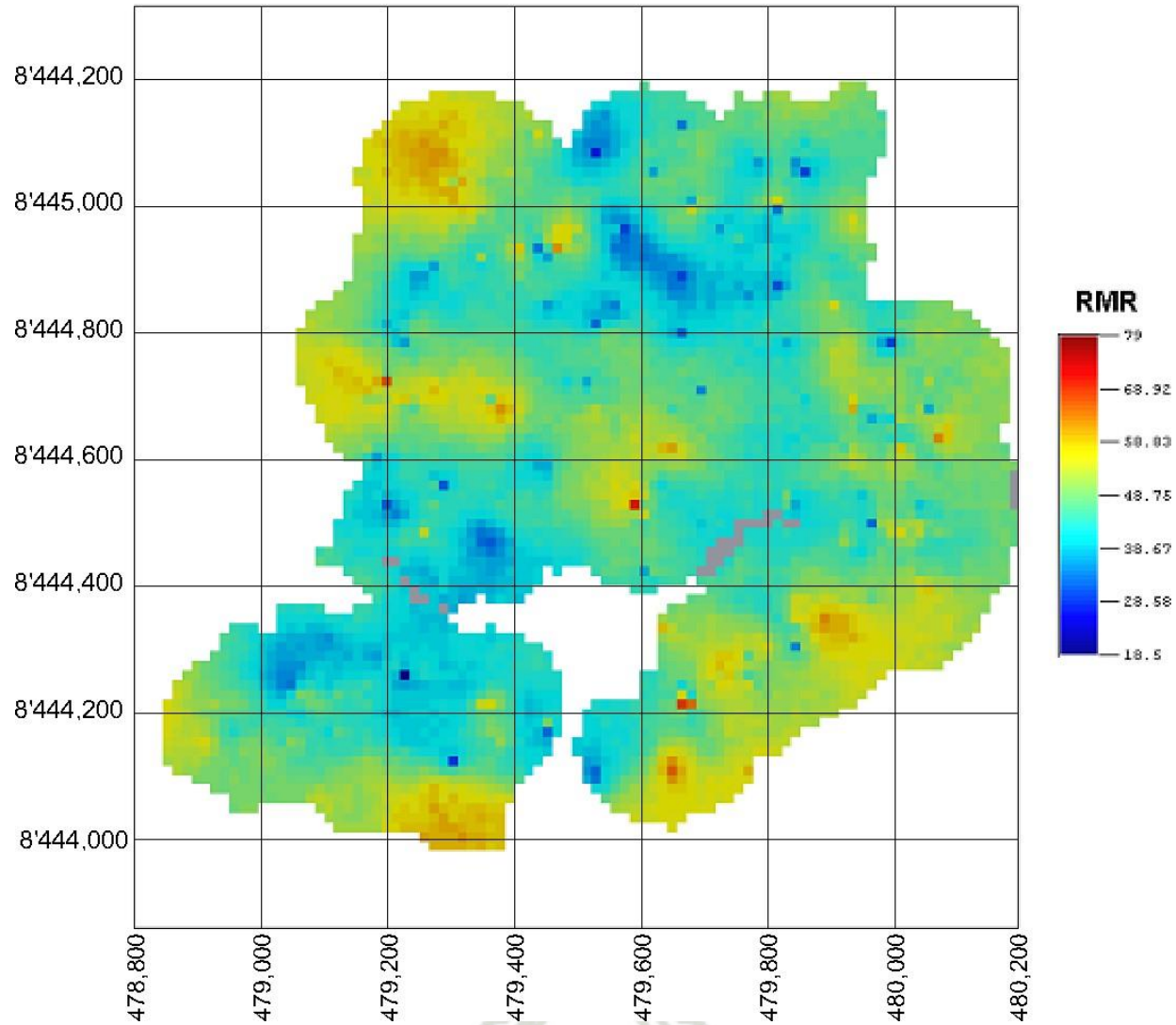
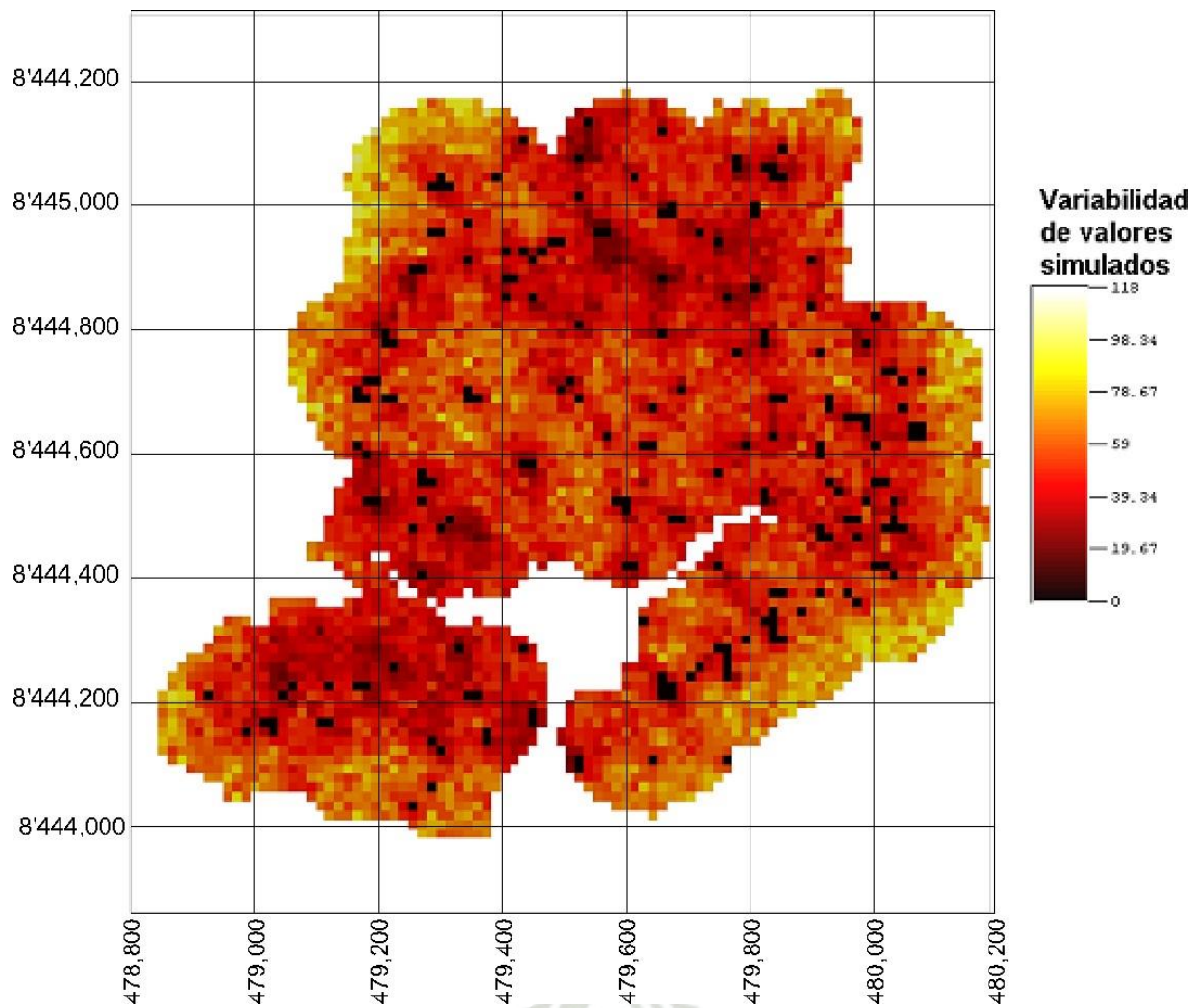


Figura 40

Sección horizontal de modelo de bloques de variabilidad de 100 valores simulados mediante Metodología

B

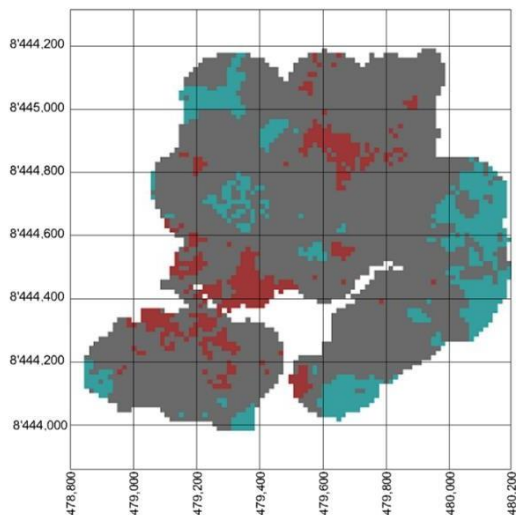


4.1.6. Potencial de rotura y deslizamiento

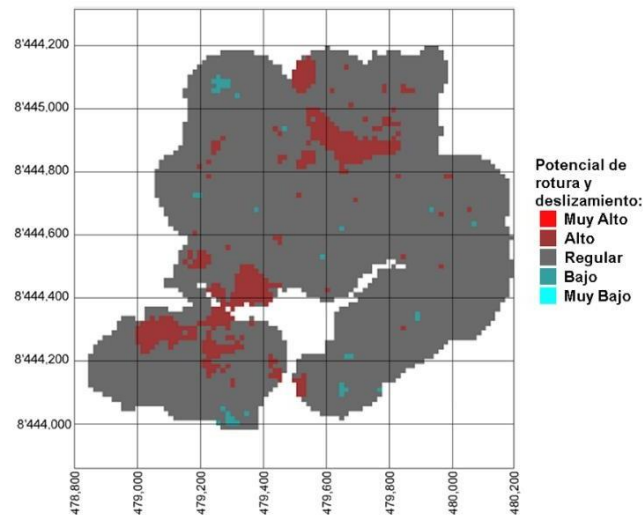
Figura 41

Planos de potencial de rotura y deslizamiento en el nivel 2,100 m. s. n. m.

a) Metodología A



b) Metodología B

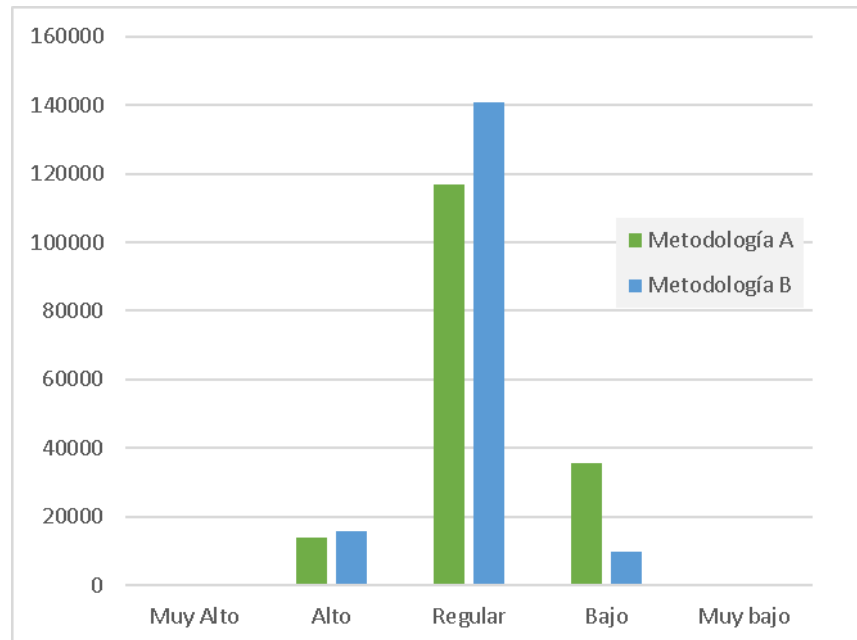


Nota. Para una visualización más detallada de los planos de rotura y deslizamiento, se recomienda consultar los Anexos F y G.

La figura muestra que hay sectores con un potencial de rotura y deslizamiento clasificado como Regular según la Metodología A. Sin embargo, tras la corrección de los valores de FF y RQD en la Metodología B, estos sectores han sido reclasificados con un potencial Alto. Un patrón similar se observa en ciertos sectores donde las unidades del modelo de bloques, que originalmente tenían un potencial de rotura y deslizamiento Alto en la Metodología A, han sido reclasificadas con un potencial Muy Alto en la Metodología B. Cabe destacar que no existen bloques en los modelos generados por ambas metodologías con un potencial de rotura Muy Bajo. En general, la clasificación predominante en ambas metodologías es Regular.

Figura 42

Cantidad de bloques de cada clasificación de potencial de rotura y deslizamiento en los modelos tridimensionales generados



El modelo interpolado a través de la Metodología B revela un incremento en la cantidad de bloques con un potencial de rotura y deslizamiento categorizado como 'Regular'.

Simultáneamente, se observa una disminución significativa en los bloques con un potencial de rotura y deslizamiento clasificado como 'Bajo'. Ya que la Metodología B ha demostrado proporcional una representación más precisa de la realidad en comparación con la Metodología A se puede asegurar que se ha verificado la presencia de áreas que presentan un riesgo mayor al que se indica mediante la Metodología A.

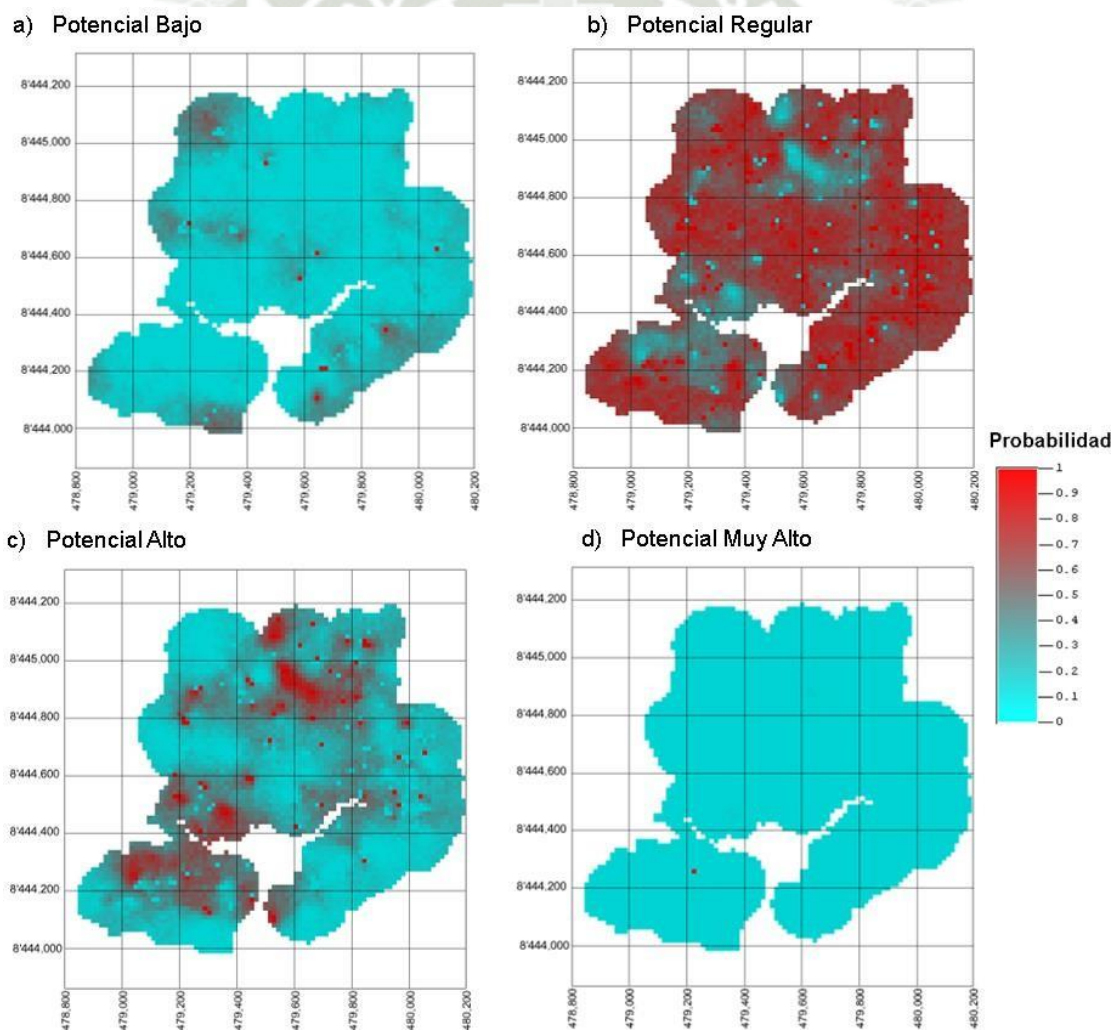
Tabla 12

Cantidad de bloques interpolados según su clasificación PRD

Potencial	Metodología A	Metodología B	Cambio porcentual con respecto a Metodología A
Muy Alto	1,348	2,186	62.2%
Alto	13,753	15,532	12.9%
Regular	115,959	139,048	19.9%
Bajo	35,311	9,615	-72.8%
Muy Bajo	0	0	0%

Figura 43

Planos de probabilidades de clasificación de potencial de rotura y deslizamiento según Metodología B



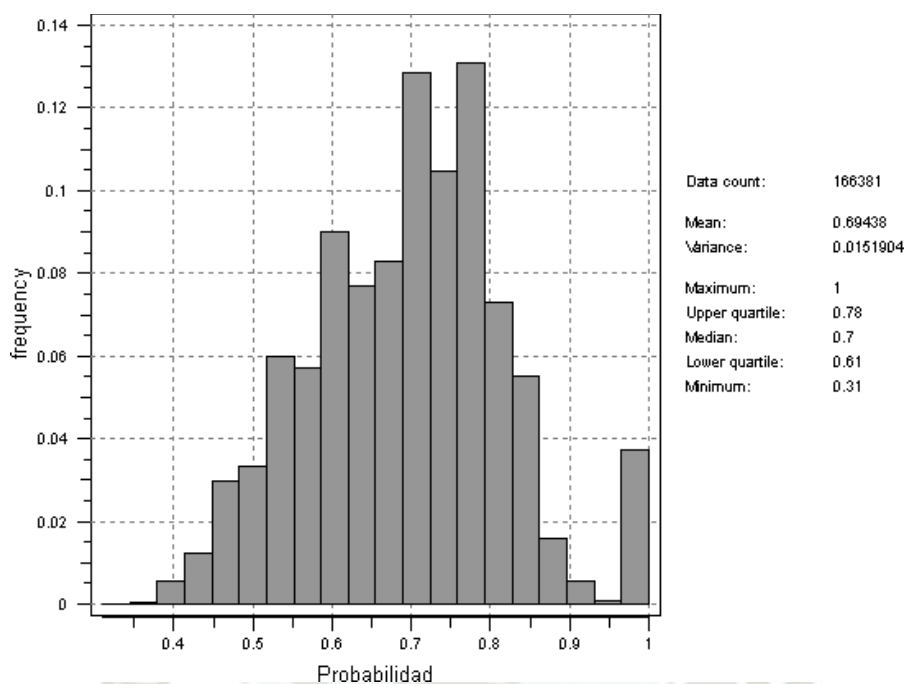
La figura presenta la probabilidad de clasificación para cada categoría de potencial de rotura y deslizamiento en cada bloque de la sección horizontal en el nivel 2,100 obtenidos a partir de 100 simulaciones realizadas en cada unidad del modelo de bloques tridimensional. Como se puede observar en la Figura 44b, la categoría predominante es la de Potencial Regular, la cual tiene probabilidades de ocurrencia muy altas en la mayoría de los bloques del banco mostrado. Las áreas con baja probabilidad en este plano corresponden a una alta probabilidad de la categoría de Potencial Alto, como se muestra en la Figura 44c. En la Figura 44a, se puede ver que la probabilidad de ocurrencia de la categoría Potencial Bajo es baja en la mayoría de los bloques, y la categoría de Potencial Muy Alto tiene probabilidades prácticamente nulas.

Los planos mostrados en la Figura 44 pueden ser utilizados para categorizar las simulaciones realizadas mediante la Metodología B al igual que se realizó en la Metodología A con los bloques estimados mediante Kriging.

Al igual que con el modelo obtenido a través de las estimaciones por Kriging en la Metodología A, podemos categorizar las unidades del modelo de bloques interpolado mediante simulaciones condicionales. Esto se logra utilizando las probabilidades obtenidas en la Metodología B para cada categoría. A continuación, se presenta la distribución de frecuencias de las probabilidades correspondientes a cada clasificación, tal como se muestra en la Figura 44b.

Figura 44

Histograma de probabilidades de caracterizaciones según Metodología B



Teniendo en cuenta que el valor mínimo de las probabilidades es 0.31 se categorizará a los bloques interpolados mediante la Metodología B en tres categorías según las siguientes condiciones:

Tabla 13

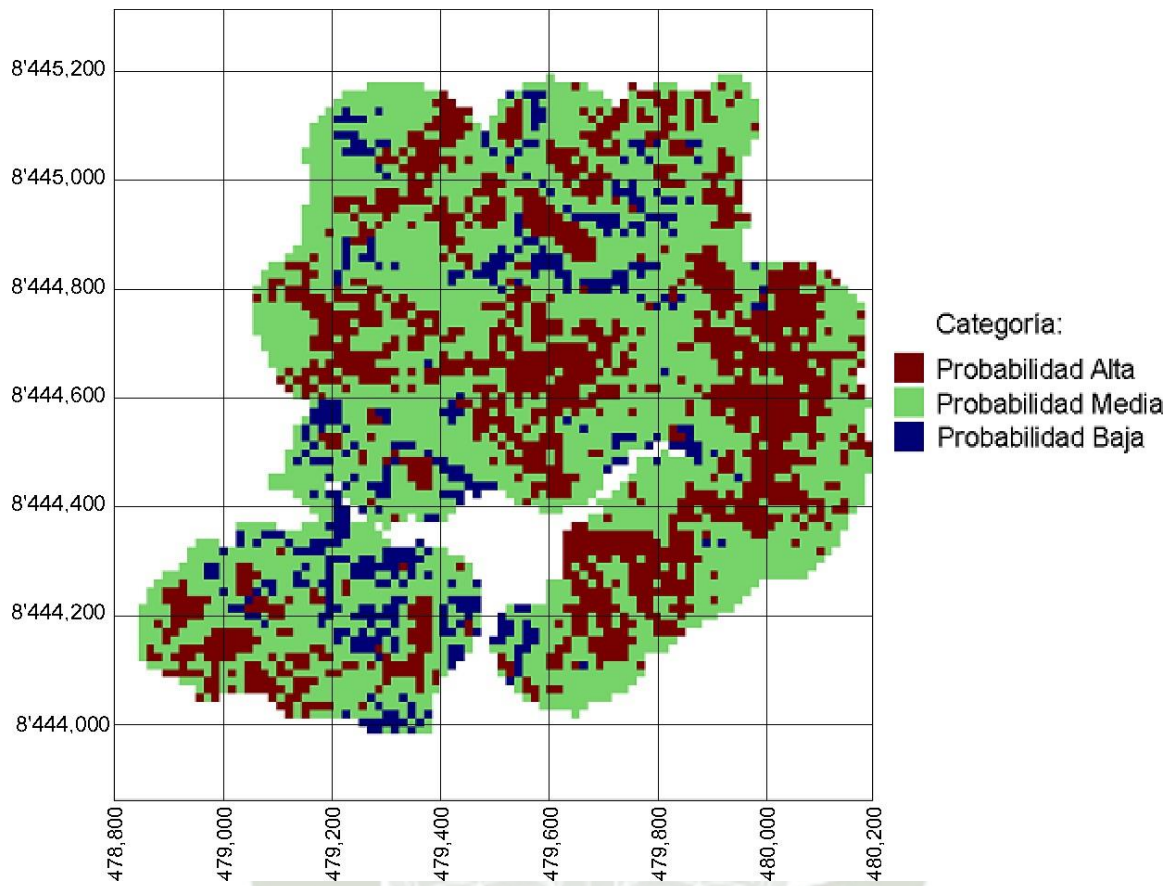
Categorización de valores interpolados según metodología B

Probabilidad de categoría	Categoría
0.31 – 0.54	Probabilidad Baja
0.54 – 0.77	Probabilidad Media
0.77 – 1.00	Probabilidad Alta

De esta forma, podemos generar un modelo de bloques basado en las probabilidades de las caracterizaciones. A continuación, se presenta una sección horizontal de este modelo en el nivel representativo que se está analizando en este proyecto:

Figura 45

Plano de categorización de valores interpolados según Metodología B



4.2. Discusiones

Mediante el análisis variográfico de los vectores unitarios normales a los planos que componen las familias de fracturas analizadas en este proyecto (seleccionadas según las recomendaciones de Emery y Séguret), se pudo determinar que estos están espacialmente correlacionados. Esto permitió continuar con una estimación de dichos vectores. El resultado de la estimación se validó parcialmente al comparar las correlaciones entre los parámetros FF y RQD antes y después de aplicar las correcciones de Terzaghi, las cuales también se basaron en la mencionada estimación vectorial.

En el artículo de Katelyn Kring y Snehamoy Chatterjee, se utiliza una simulación secuencial de indicadores para determinar la probabilidad implícita en los modelos simulados. Sin embargo, en este proyecto se propone una alternativa: calcular esta probabilidad a partir de los mismos valores simulados en cada unidad del modelo de bloques (con 100 valores por bloque). De esta manera, es posible obtener la probabilidad de que el valor medio de los valores simulados tenga una clasificación específica de probabilidad de rotura y deslizamiento. Esta aproximación no sería viable con una simulación de indicadores, ya que esta última se basa en un soporte geométrico puntual y no tridimensional como en el caso de los bloques.

La Metodología B, que utiliza simulaciones condicionales geoestadísticas, ha demostrado representar de manera más precisa el comportamiento real del potencial de rotura y deslizamiento en los macizos rocosos en comparación con la Metodología A basada en Kriging aplicado a índices RMR. Las pruebas estadísticas respaldan esta mejoría de la Metodología B en términos de representatividad y precisión puesto que en el análisis de las validaciones cruzadas realizadas, las gráficas QQ y PP muestran una tendencia más cercana a la recta diagonal en la Metodología B, lo cual indica una mejor representatividad de los valores reales; la Metodología B pasa la prueba de Kolmogórov-Smirnov, mientras que la Metodología A no lo hace; y, los valores de la media y varianza de los errores cuadráticos medios obtenidos por cada uno de los bloques del modelo de bloques son menores en la Metodología B que en la Metodología A.

La corrección de los valores de los parámetros FF y RQD, considerando la dirección de las familias de fracturas, ha demostrado ser crucial para mejorar la correlación entre estos parámetros. Antes de las correcciones, los valores de FF y RQD no mostraban una correlación evidente. Sin embargo, después de la corrección, la correlación entre ellos es mucho más similar a la presentada por Priest y Hudson. Esto mostraba de antemano que la estimación vectorial utilizada en la corrección fue realizada correctamente y fue confirmado durante el análisis de las validaciones.

La Metodología B, al simular múltiples valores para cada unidad del modelo de bloques, permite realizar un estudio estadístico detallado de los cuales se obtiene una gran cantidad de parámetros estadísticos útiles para el proyecto minero, como media, varianza, probabilidad, etc. Esto proporciona resultados más sólidos y robustos en comparación con la estimación tradicional por Kriging.





CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. En el presente estudio, se logró determinar el Potencial de Rotura y Deslizamiento del macizo rocoso mediante el uso de simulaciones condicionales geoestadísticas, considerando la propiedad de direccionalidad de los parámetros geotécnicos. Al comparar los resultados obtenidos con esta metodología con aquellos derivados de una estimación basada en Kriging, se observó que las simulaciones condicionales proporcionaron resultados más precisos y robustos. Esta mayor precisión y robustez se debe a la capacidad de las simulaciones condicionales para capturar de manera más efectiva la variabilidad espacial y direccional de los parámetros geotécnicos, lo que permite una mejor representación del comportamiento del macizo rocoso. En consecuencia, se concluye que la metodología basada en simulaciones condicionales geoestadísticas es una herramienta más adecuada para la evaluación del Potencial de Rotura y Deslizamiento en comparación con la estimación por Kriging.

2. La correlación de los parámetros FF y RQD antes de realizar las correcciones muestran una tendencia inicialmente exponencial que se volvía lineal y luego caótica. Sin embargo, después de las correcciones, la correlación exhibió un comportamiento exponencial constante, similar a la correlación teórica presentada por Priest y Hudson. Esta similitud indica que los valores corregidos reflejan con mayor precisión los patrones naturales, validando así las correcciones aplicadas.

3. El modelo generado por medio de la metodología que considera la direccionalidad de los parámetros FF y RQD y usa simulaciones condicionales presenta un incremento significativo del Potencial de Rotura y Deslizamiento (PRD) en el yacimiento en comparación con el modelo generado por medio de estimaciones por Kriging. Los bloques del modelo clasificados como "Muy Alto", "Alto" y "Regular" incrementaron 62.2%, 12.9% y 19.9% respectivamente, mientras que los bloques con clasificación "Baja" disminuyeron 72.8%.

4. Se llevaron a cabo tres análisis estadísticos para validar los resultados obtenidos por ambas metodologías. Los resultados se detallan a continuación:

- Se realizaron gráficas QQ (Cuantil cuantil) y PP (Probabilidad Probabilidad). A través de una verificación visual, se pudo constatar que los datos simulados con la metodología propuesta representan de manera más precisa los valores reales medidos, en comparación con los datos estimados mediante la metodología actual.

- Se efectuaron pruebas de Kolmogórov-Smirnov, las cuales arrojaron valores de los parámetros estadísticos KS de 0.0439 y 0.0286 para la metodología propuesta y la actual, respectivamente. El parámetro estadístico teórico utilizado para evaluar los valores obtenidos por ambas metodologías fue de 0.0308. Por lo tanto, se concluye que la metodología que se basa en simulaciones condicionales realizadas a partir de parámetros geotécnicos corregidos, representa de manera más precisa los valores reales medidos del yacimiento, en comparación con la metodología que se basa en una estimación por Kriging sin considerar ninguna corrección.

- Se realizaron Análisis de Errores Cuadráticos Medios a los valores simulados y estimados, en comparación con los valores muestrales seleccionados. Para la metodología que toma en cuenta la propiedad de direccionalidad de los parámetros FF y RQD, se obtuvieron valores de media y varianza de 8.81 y 16.15, respectivamente. En contraste, para la metodología que realiza estimaciones sin considerar la direccionalidad de los parámetros mencionados, se obtuvieron valores de media y varianza de 9.68 y 21.9, respectivamente. Estos resultados demuestran que la metodología propuesta ofrece un mejor rendimiento en términos de precisión de las predicciones.

Por lo tanto, el resultado de este análisis estadístico sugiere que la metodología propuesta en este proyecto mejora la interpolación del parámetro geotécnico RMR y la efectividad de la clasificación del Potencial de Rotura y Deslizamiento en el yacimiento minero.

5. La ejecución de 100 simulaciones condicionales para cada unidad del modelo de bloques generado permitió la creación de planos de media y varianza de los valores simulados. Además, se generaron cinco planos de probabilidad que representan la posibilidad de que los valores simulados tengan una clasificación específica de PRD, y un plano de probabilidad que representa la posibilidad de que las medias tengan una de las clasificaciones determinadas. Por otro lado, la estimación por Kriging

permitió obtener, como máximo, dos planos que representan los bloques estimados y un plano que evalúa la calidad de la estimación basado en la varianza de Kriging. Por lo tanto, se puede afirmar que la metodología propuesta proporciona una mayor cantidad de información en sus resultados, y que estos son más robustos en comparación con la metodología actual.

6. En este estudio, se desarrollaron dos modelos de bloques del parámetro RMR utilizando metodologías distintas. En el primer modelo, los valores estimados de RMR sin corregir mostraron una distribución de frecuencias gaussiana con una posible población secundaria. La media de estos valores fue de 51.45, clasificándose en la categoría de potencial de rotura y deslizamiento 'Medio'. No se encontraron valores de RMR en las categorías 'Muy Bajo' y 'Muy Alto'. Además, la varianza de los valores de RMR en los bloques estimados disminuyó un 29.14% en comparación con los valores originales sin corrección.

En el segundo modelo, después de aplicar correcciones, la media de los valores de RMR disminuyó un 5.45% en comparación con los valores originales, y la varianza disminuyó un 10.58%. Ambos conjuntos de valores presentaron una distribución de frecuencias similar, con una tendencia hacia una distribución gaussiana de una sola población. En ambos modelos, la clasificación predominante del potencial de rotura y deslizamiento fue 'Medio', con una presencia casi inexistente de las clasificaciones 'Muy Bajo' y 'Muy Alto'.

En resumen, ambos modelos indican que el potencial de rotura y deslizamiento del macizo rocoso se clasifica predominantemente como 'Medio'. Sin embargo, el primer modelo, sin correcciones, mostró una mayor reducción en la varianza de los valores de RMR, lo que sugiere una mayor homogeneidad en los bloques estimados. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar diferentes metodologías y correcciones al evaluar los parámetros geotécnicos para obtener una representación más precisa y robusta del comportamiento del macizo rocoso.

5.2. Recomendaciones

1. Basándose en los hallazgos discutidos, se sugiere implementar la corrección de los valores de los parámetros Frecuencia de Fracturas (FF) e Índice de Calidad de la Roca (RQD) utilizando la estimación de las direcciones de las familias de fracturas. Esta corrección mejorará la precisión en la evaluación del potencial de rotura y deslizamiento en el macizo rocoso. Es fundamental considerar la composición real del yacimiento al aplicar estas correcciones.

2. Para obtener estimaciones más confiables, se recomienda evaluar la cantidad de datos disponibles en cada unidad del modelo de bloques tridimensional estimado mediante Kriging aplicado a índices RMR. La reducción de la varianza de Kriging indica mayor confianza en los valores estimados. Por lo tanto, es crucial recopilar datos de alta calidad y densidad en áreas clave del yacimiento para mejorar la precisión de las estimaciones.

3. El enfoque basado en simulaciones condicionales geoestadísticas proporciona una visión más completa y realista del modelo geotécnico tridimensional. Se sugiere continuar utilizando este método para considerar la variabilidad inherente en los datos. Además, generar planos de probabilidad y evaluar la variabilidad en los valores simulados permitirá una mejor comprensión de la incertidumbre en las estimaciones.

4. La categorización de bloques estimados y simulados es esencial para la planificación minería y la gestión de riesgos. Se recomienda establecer, evaluar y relacionar las categorizaciones de las unidades modeladas por ambos métodos (Metodología A y Metodología B). Al combinar estos enfoques, se obtendrá una evaluación más completa y robusta de las unidades del yacimiento.

5. Se recomienda adoptar un enfoque integrado para determinar el potencial de rotura y deslizamiento del macizo rocoso. Este enfoque debe incorporar la corrección de los parámetros geotécnicos, la evaluación de la calidad de la estimación basada en la cantidad de datos disponibles, la generación de planos de probabilidad y la categorización de bloques estimados y simulados. Al combinar estos elementos, se puede obtener una evaluación más precisa y robusta del potencial de rotura y deslizamiento. Además, al comparar los resultados obtenidos con tu nueva metodología (Metodología B)

y la metodología actual (Metodología A), se puede evaluar la eficacia de la propuesta y hacer ajustes según sea necesario. La recopilación de datos de alta calidad y densidad en áreas clave del yacimiento es crucial para mejorar la precisión de las estimaciones. Finalmente, la consideración de la variabilidad inherente en los datos a través de simulaciones condicionales geoestadísticas proporciona una visión más completa y realista del modelo geotécnico tridimensional.





CAPÍTULO VI

6. Referencia

Abreu, J. L. (2016). *El Método de la Investigación*.

<https://books.google.com.pe/books?id=phgMkAEACAAJ>

Alvarado Valdés, F. (2020). *Modelamiento Geoestadístico de la Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)*. Repositorio Institucional – Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/176858>

Ayala, J. (1985). *Manual de taludes*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.

Bieniawski. (1976). *Rock Mass Classification in Rock Engineering*.

Bujaico, C. V., Gonzales, A. J. (2021). *Categorización Geomecánica del Macizo Rocoso en Labores de Avance Empleando la Cartilla del Q de Barton para Determinar el Sostenimiento*. Repositorio Institucional – Universidad Continental. Huancayo, Perú.

<https://hdl.handle.net/20.500.12394/10459>

Cerdas Olaya, J. M. (2013). *Uso de la clasificación geomecánica utilizando el método RMR para la estimación preliminar de los requerimientos de sostenimiento de los taludes en el cerro La Potra del Proyecto Hidroeléctrico Bajo Frio, República de Panamá*. Repositorio Institucional – TEC. Ciudad de Panamá, Panamá. <https://hdl.handle.net/2238/6188>.

Córdoba D. R., Laos, A. (1976). *Estudio de Estabilidad de Taludes a Cielo Abierto*.

Cudjoe, F., Esmacili, K. (2020). A 3D Spatial Model of Slope Mass Rating to Assess Potential Risk of Pit Wall Failure. *54th U.S. Rock Mechanics/Geomechanics Symposium*. Estados Unidos.

Díaz Viera, M. (s.f.). Curso de Geoestadística Aplicada.

Egaña, M. J. (2008). *Geoestadística Aplicada a Parámetros Geotécnicos*. Repositorio Institucional – Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103282>

Emery, X., Séguret, S. A. (2019) *Geostatistics for the Mining Industry*. CRC Press

Gálvez, J. O. (2019). *Estimación geoestadística del RQD, RCU, JRC y densidad aplicada a entender el comportamiento geomecánico del cerro La Falda, La Encañada – Cajamarca, 2019*. Repositorio Institucional – UPN. <https://hdl.handle.net/11537/21807>

- Ginzo, M. J. (2011). *Análisis Geoestadístico de Datos Funcionales*. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela, España.
http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_388.pdf
- Henao, R. G. (2002). *Introducción a la Geoestadística - Teoría y Aplicación*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1997). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hernández, W. M., Torres, H. L. (2021). *Expansión urbana y zonificación de la capacidad portante del suelo en el ámbito periurbano de la ciudad capital del distrito de Catilluc, provincia San Miguel, región Cajamarca, 2019*. Repositorio Institucional - UPN. <https://hdl.handle.net/11537/27749>
- Hong Wang, E. P.-I. (2016). *Comparison of trend detection approaches in time series and their application to identify temperature changes in the Valencia region (eastern Spain)*.
http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/MATHERON_Ouvrage_00638.pdf
- Instituto Geológico y Minero de España. (1985). *Manual de taludes*.
- José Galera, M. Á. (2005). Evaluación del módulo de deformación en macizos rocosos.
- Kring, K., Chatterjee, S. (2019). Uncertainty quantification of structural and geotechnical parameter by geostatistical simulations applied to a stability analysis case study with limited exploration data. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 125 (104157).
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2019.104157>
- Lina Díaz, Á. M. (2020). *Caracterización de la variabilidad espacial de la resistencia al corte no drenado del depósito lacustre "A" ubicado en la escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito*. Repositorio Institucional – Universidad Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia.
- Luján, J. L., Siccha, M. A. (2022). *Evaluación de parámetros geotécnicos por métodos estadísticos y SIG en los suelos de la zona sur del distrito de Trujillo - Provincia de Trujillo - Departamento La Libertad*. Repositorio – UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9460>.

- Marín Suárez, A. (1978). *Métodologie De L'Estimation Et Simulation Multivariable es Grands Gisements Tridimensionnels*. École Nationale Supérieure des Mines de Paris. París, Francia.
- Marín Suárez, A. (2023). Curso de Geoestadística de recursos recuperables en Ore Control.
- Marín Suárez, A. (2023). Ore Control con Incremento Económico Aplicando Simulación Condicional Geoestadística. *Revista Minería*. Lima, Perú. <https://revistamineria.com.pe/tecnico-cientifico/ore-control-con-incemento-economico-aplicando-simulacion-condicional-geoestadistica>.
- Matheron, G. (1960). Krigeage d'un Panneau Rectangulaire par sa Périphérie.
- Matheron, G. (1965). Les Variables Régionalisées et leur Estimation.
- Melo Martínez, C. E. (2012). *Análisis Geoestadístico Espacio Tiempo Basado en Distancias y Splines en Aplicaciones*. Universidad de Barcelona. Barcelona, España.
https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/101202/CEMM_TESIS.pdf
- Neill, A. D., Cortez, L. (2017). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Redes 2017.
- Oliver Jacquet, C. L. (2008). *Estimation of long-term volcanic hazard using a cox process with a multivariate potential*.
- Peredo, Ó. (2016). *Urban dynamyc estimation using mobile phone logs and locally varying anisotropy*. En Geostatistics Valencia 2016.
- Pérez, D. (2016). *Comparación de métodos de interpolación geoestadísticos con y sin variables auxiliares para la precipitación anual (2003-2008) en Ecuador*. Repositorio Institucional – UCUENCA. Cuenca, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25904>
- Priest, S. D., Hudson, J. A. (1976). Discontinuity Spacings in Rock. *Intenational Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. 13 (5). [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(76\)90818-4](https://doi.org/10.1016/0148-9062(76)90818-4)
- Ramírez, P., Monge, A. L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid, España. <https://oa.upm.es/14183/>

Sánchez, L. K., Emery, X. y Séguret, S. A. (2021). *Geostatistical modeling of Rock Quality Designation (RQD) and geotechnical zoning accounting for directional dependence and scale effect.*

Ámsterdam, Países Bajos. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106338>

Tito, J., Abarca, D., Juárez, R. (2018). La designación RQD y la frecuencia de fracturas utilizando el televiewer. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.* Lima, Perú.

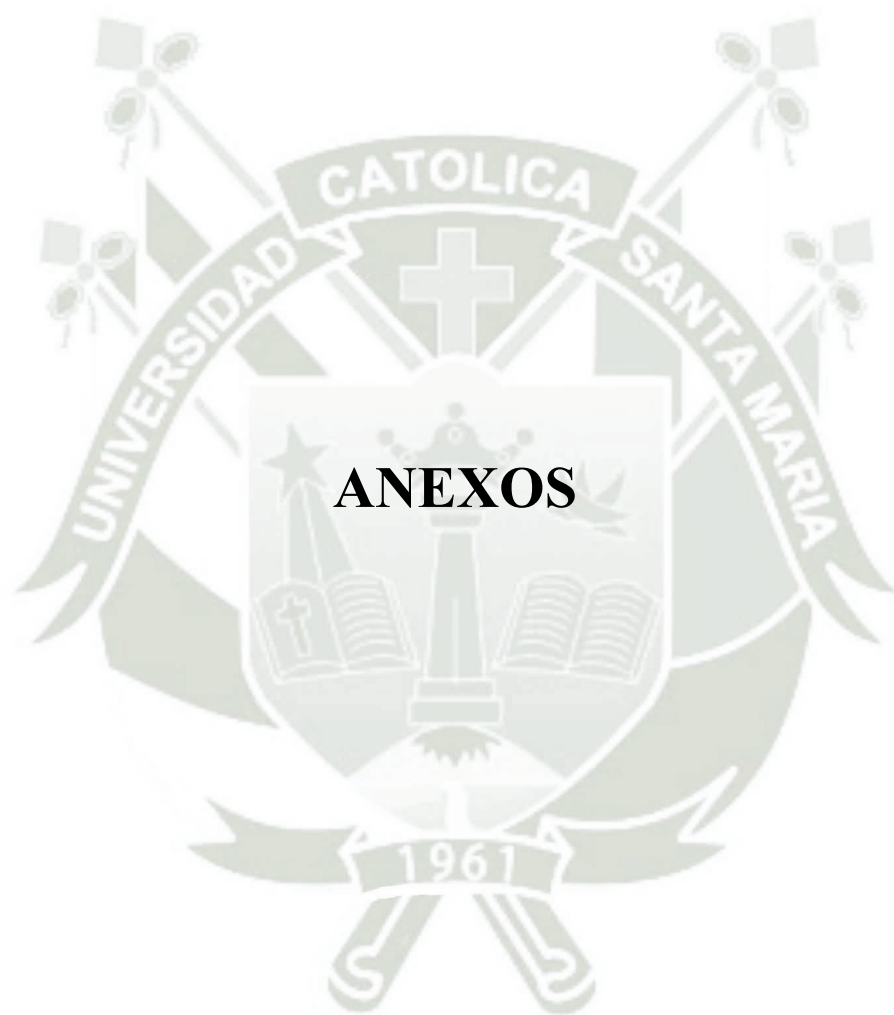
<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG19-218.pdf>

Vega Cuello, P. I. (2018). *Estimación de la Frecuencia de Fracturas en Yacimientos Mineros Vía Herramientas Geoestadísticas.* Repositorio Institucional - Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170036>

Vilca, Y. C., Ortiz, C. E. A., Lana, M. S., Pereira, F. C., Canabrava, R. L. P., Chaves, S. S., Lima, T. C. A. (2019). Geostatistical Analyses Applied to estimating Geotechnical Parameters – Study Case: Córrego do Sitio Mine. Iguazú, *14th ISRM Congress.* Foz do Iguazu, Brazil.

Zabala, J. A.. (2008). Análisis geoestadístico de parámetros antisísmicos y de construcción en un sector vial de elevado crecimiento vertical. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 31(2), 177-189. Recuperado en 17 de junio de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702008000200009&lng=es&tlng=es.

Zavaleta, J. (2010). *Kriging: Un Método de Interpolación Sobre Datos Dispersos.* UNAM. Ciudad de México, México. <http://tikhonov.fcencias.unam.mx/presentaciones/2010sep23.pdf>

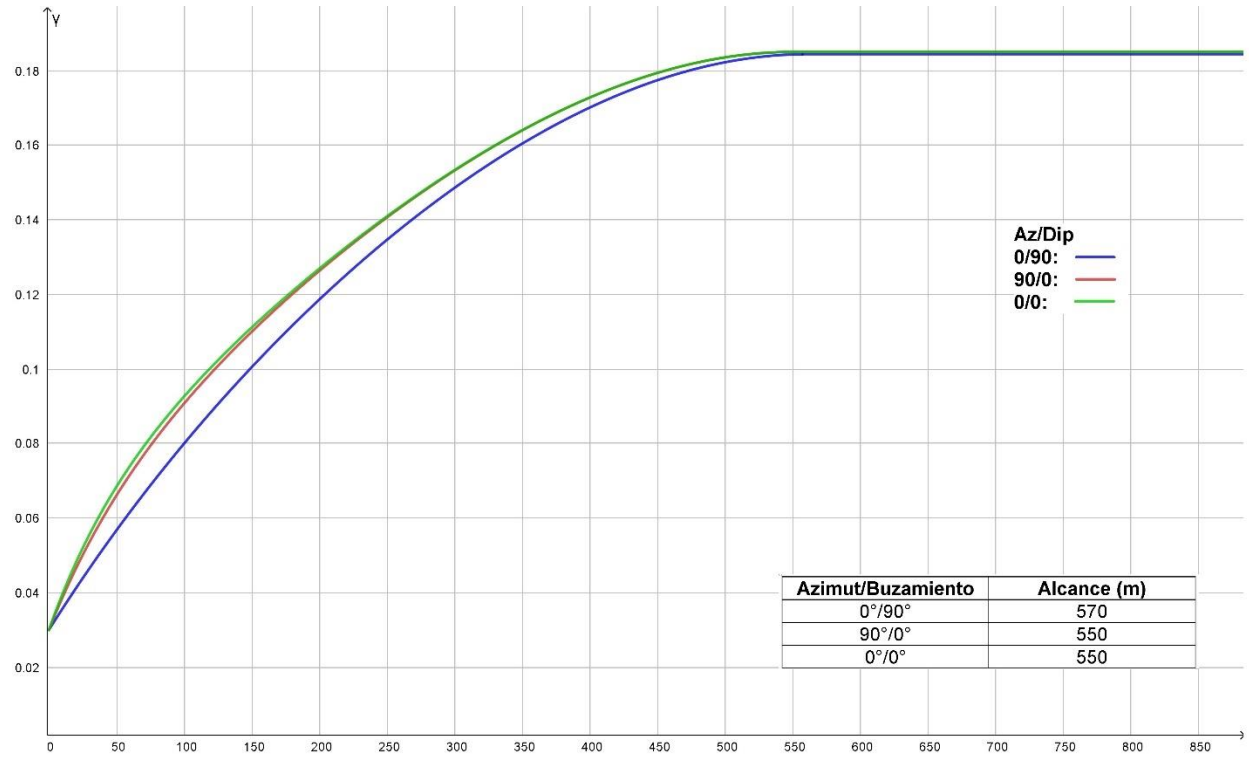


ANEXOS

Anexos

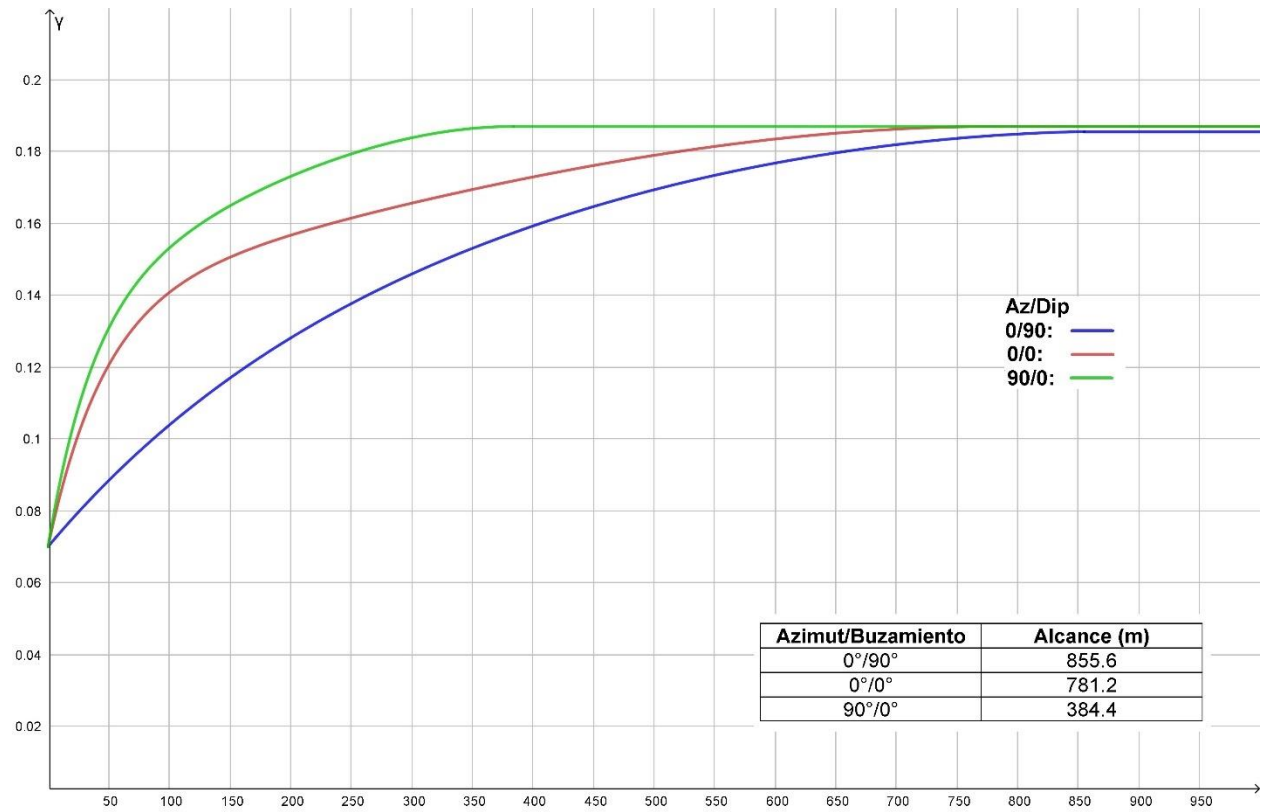
Anexo A

Variogramas teóricos y alcances de componentes en X en las direcciones principales



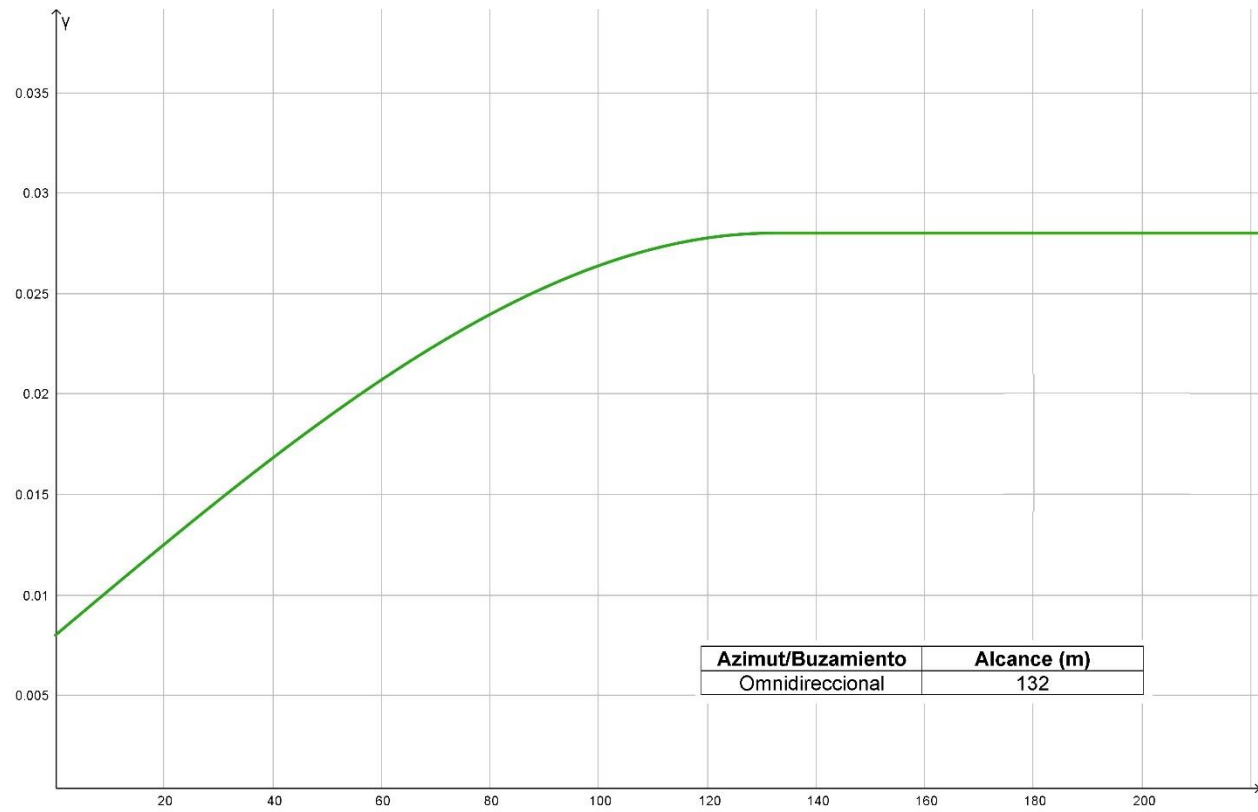
Anexo B

Variogramas teóricos y alcances de componentes en X en las direcciones principales



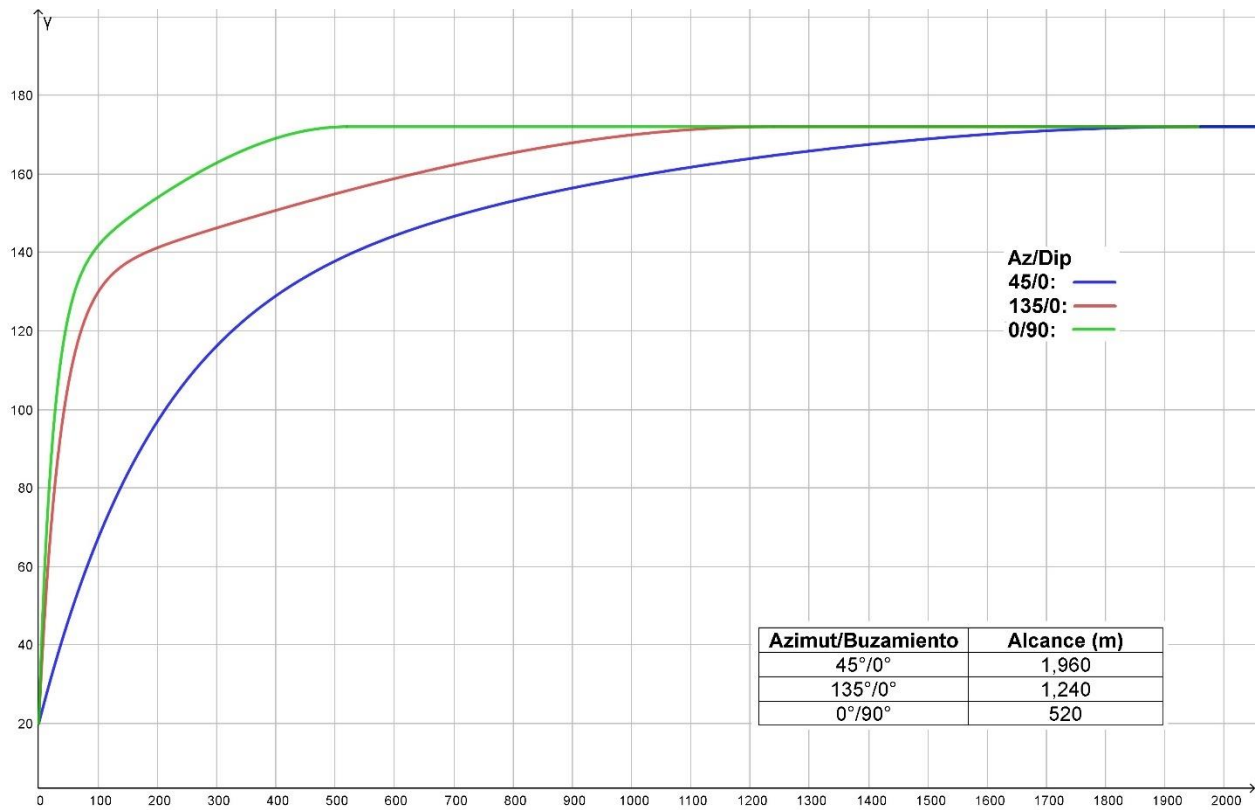
Anexo C

Variograma teórico omnidireccional y alcance de componentes en Z



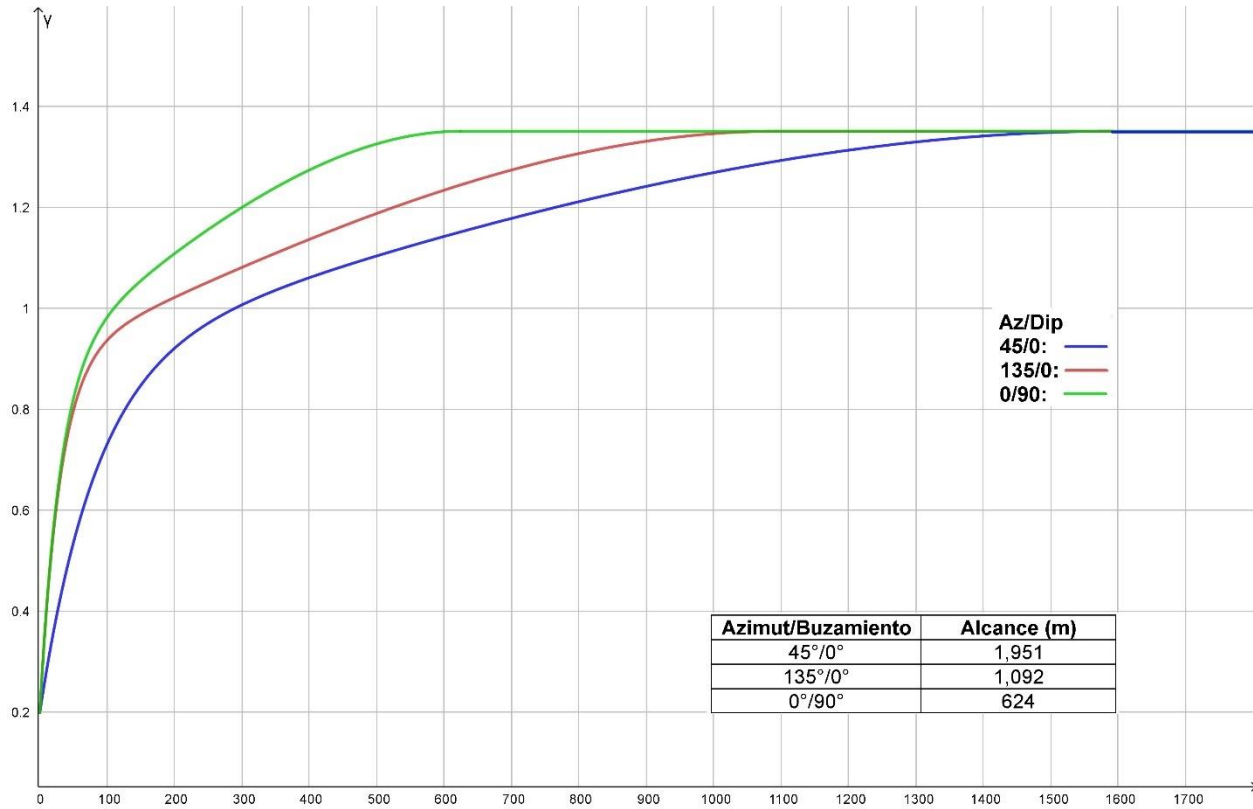
Anexo D

Variogramas teóricos y alcances en direcciones principales de RMR



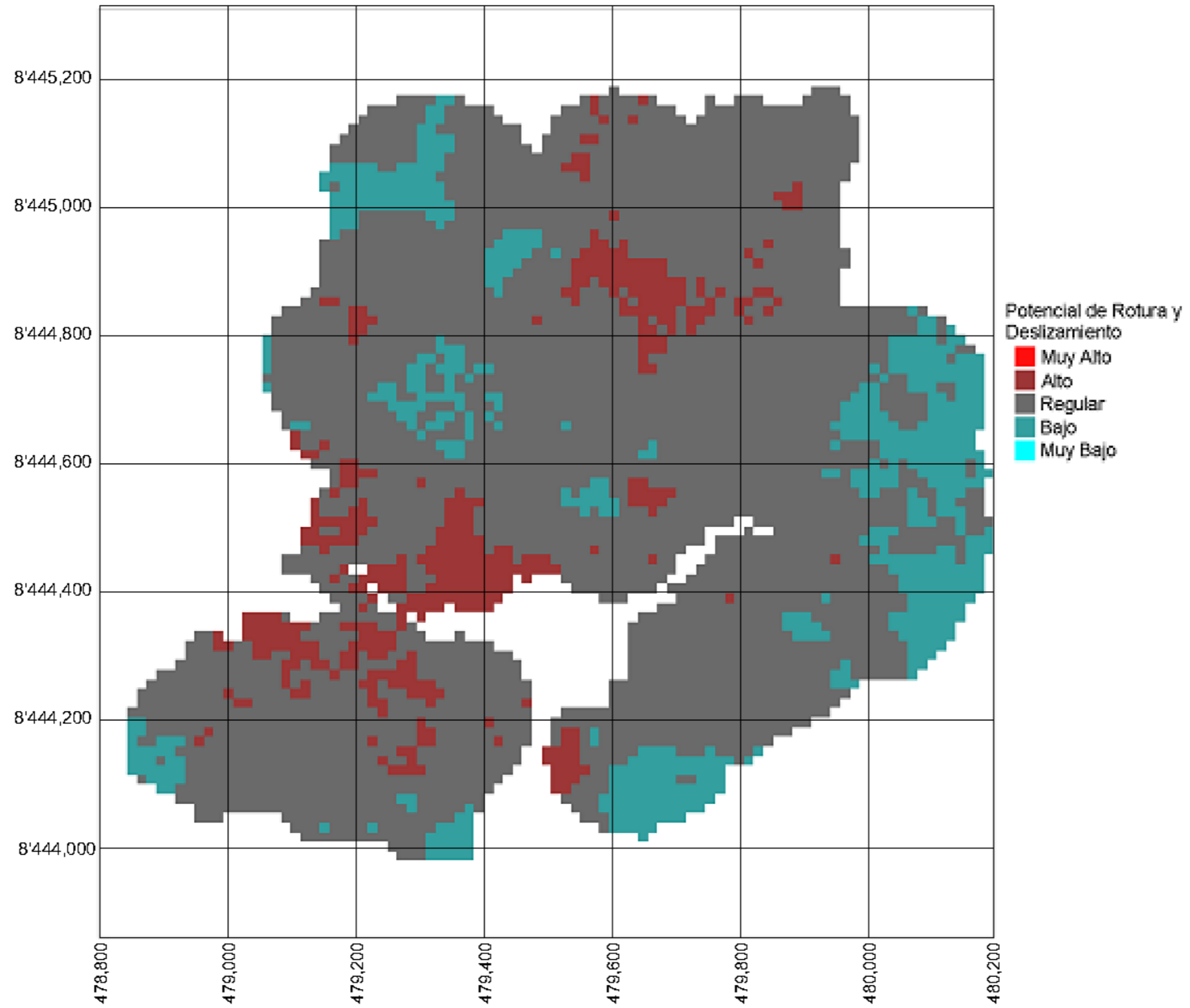
Anexo E

Variogramas teóricos y alcances en direcciones principales de valores transformados por anamorfosis de RMRC



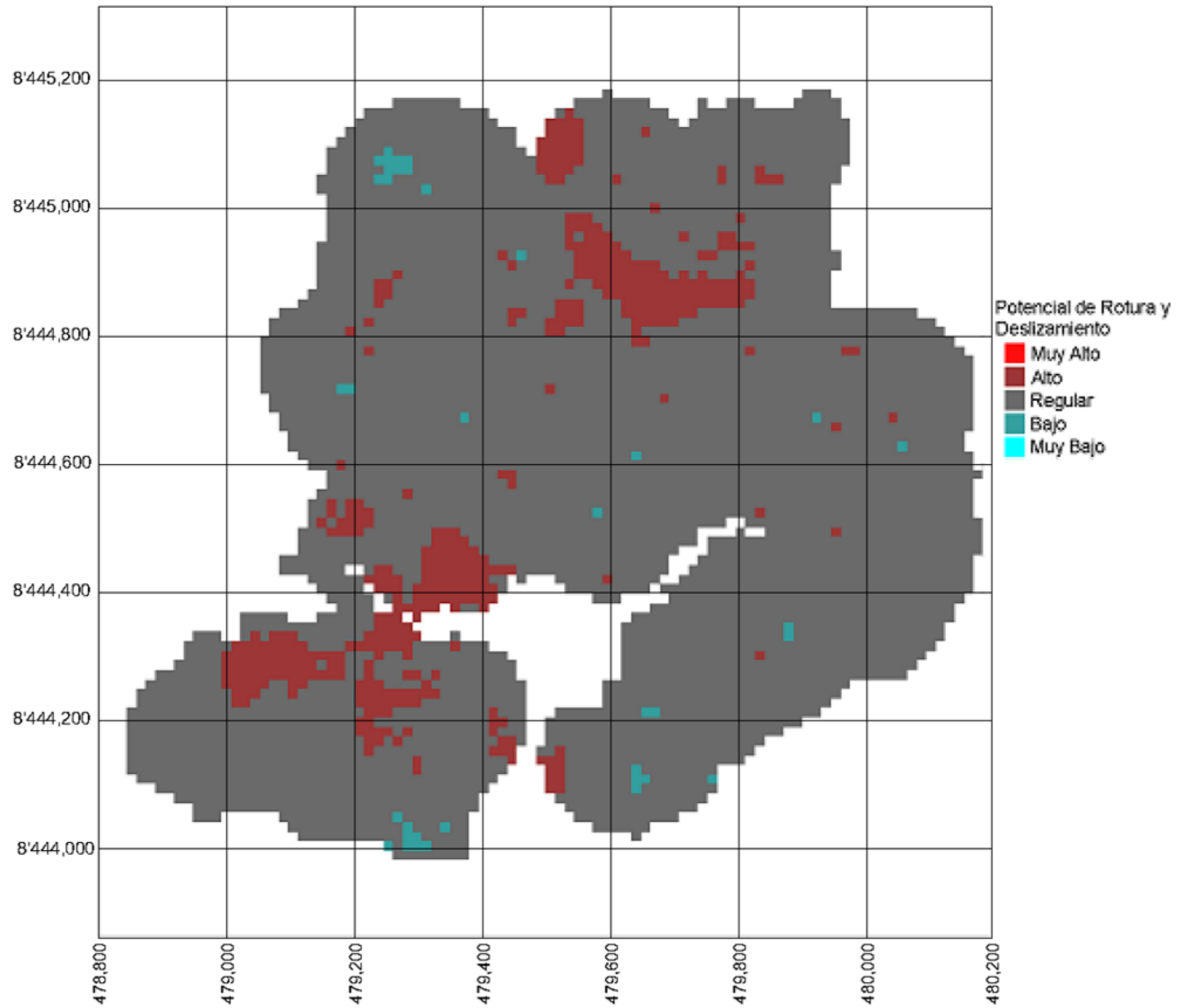
Anexo F

Sección horizontal del modelo de bloques obtenido mediante la Metodología A en el nivel 2,100



Anexo G

Sección horizontal del modelo de bloques obtenido mediante la Metodología B en el nivel 2,100



Anexo H

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Yo, Héctor Raúl Machaca Condori, identificado con DNI N° 01340425 en mi calidad de Titular de la concesión Minera LA PODEROSA MISKI 2011, con R.U.C. N° 10013404254,

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

al señor, Álvaro Gonzalo Tejada Marín, identificado con DNI N° 47081725, Bachiller en Ingeniería Civil, para que utilice la siguiente información de la empresa:

"Datos geotécnicos (RQD, FF, JC, WC y UCS) obtenidos a partir de sondeos con extracción de testigo y sus respectivas ubicaciones geográficas".

Con la finalidad de que pueda desarrollar su Tesis para obtener Título Profesional.



HECTOR RAÚL MACHACA CONDORI
INGENIERO GEOLOGO
Reg. al Colegio de Ingenieros N° 31192

(Firma y sello del representante legal o

representante del área)

DNI: 01340425

Anexo I

Parámetros geotécnicos obtenidos mediante sondeos.

T-ID	Este	Norte	Elevación	RQD	FF	JC	UCS	WC
T_1179	479336.94	8444050.07	2357.25	-1	-1	-1	0.5	10.7
T_1179	479336.19	8444050.56	2356.05	-1	-1	-1	0.5	10
T_1179	479334.96	8444051.22	2353.98	84	6	18	50	10.7
T_1179	479333.48	8444052.01	2351.49	74	5	18	37.5	10.8
T_1179	479332	8444052.79	2349	83	5	18	37.5	10.9
T_1179	479330.52	8444053.58	2346.52	92	5	18	50	10.9
T_1179	479329.03	8444054.37	2344.03	99	2	18	50	10.4
T_1179	479327.55	8444055.16	2341.54	64	8	18	37.5	10.2
T_1179	479326.07	8444055.94	2339.06	69	5	17	37.5	9.5
T_1179	479324.59	8444056.73	2336.57	52	11	18	37.5	10.9
T_1179	479323.11	8444057.52	2334.08	94	3	18	37.5	10.1
T_1179	479321.63	8444058.31	2331.59	100	2	18	37.5	9.3
T_1179	479320.15	8444059.09	2329.11	100	1	18	37.5	10.9
T_1179	479318.67	8444059.88	2326.62	97	3	18	3	10.7
T_1179	479317.18	8444060.67	2324.13	97	2	18	3	10.9
T_1179	479315.7	8444061.46	2321.65	78	5	18	3	10.3
T_1179	479314.22	8444062.24	2319.16	60	8	17	3	9.9
T_1179	479312.74	8444063.03	2316.67	63	6	17	3	10.6
T_1179	479311.26	8444063.82	2314.18	77	5	17	3	9.2
T_1179	479309.78	8444064.61	2311.7	-1	-1	18	50	10.8
T_1179	479308.3	8444065.4	2309.21	99	2	18	50	10.1
T_1179	479306.82	8444066.18	2306.72	96	3	16	25	9.4
T_1179	479305.33	8444066.97	2304.24	93	4	16	25	10.7
T_1179	479303.85	8444067.76	2301.75	95	3	18	37.5	9.8
T_1179	479302.37	8444068.55	2299.26	91	3	17	25	9.9
T_1179	479300.89	8444069.33	2296.77	97	3	18	37.5	9.9
T_1179	479299.41	8444070.12	2294.29	95	3	18	50	10.7
T_1179	479297.93	8444070.91	2291.8	89	3	16	37.5	9.3
T_1179	479296.45	8444071.7	2289.31	94	3	17	25	10.2
T_1179	479294.97	8444072.48	2286.83	88	4	17	37.5	10.3
T_1179	479293.49	8444073.27	2284.34	-1	-1	17	37.5	10.9
T_1179	479292	8444074.06	2281.85	100	1	17	37.5	9.8
T_1179	479290.52	8444074.85	2279.36	-1	-1	18	37.5	10.5
T_1179	479289.04	8444075.63	2276.88	98	2	18	37.5	10
T_1179	479287.56	8444076.42	2274.39	100	2	17	37.5	10.2
T_1179	479286.08	8444077.21	2271.9	99	2	17	37.5	9.6
T_1179	479284.6	8444078	2269.42	94	2	17	37.5	10.4
T_1211	480029.91	8444636.09	2464.56	32	15	17	37.5	10.9
T_1211	480029.19	8444636.81	2461.74	37	12	17	37.5	10
T_1211	480028.46	8444637.54	2458.92	37	14	16	37.5	9.9
T_1211	480027.74	8444638.26	2456.11	48	10	17	50	10
T_1211	480027.01	8444638.99	2453.29	68	6	17	50	9.8
T_1211	480026.29	8444639.71	2450.47	17	17	16	37.5	9.3
T_1211	480025.56	8444640.44	2447.65	41	11	17	37.5	9.9
T_1211	480024.84	8444641.16	2444.83	37	13	17	37.5	10
T_1211	480024.11	8444641.89	2442.01	69	6	17	37.5	10.5
T_1211	480023.38	8444642.62	2439.19	46	12	17	37.5	10.3
T_1211	480022.66	8444643.34	2436.37	51	8	16	37.5	9.9
T_1211	480021.93	8444644.07	2433.55	78	5	17	37.5	10.7
T_1211	480021.21	8444644.79	2430.73	73	6	17	37.5	10.9
T_1211	480020.48	8444645.52	2427.91	64	8	16	37.5	9.6
T_1211	480019.76	8444646.24	2425.1	55	9	16	37.5	10.6
T_1211	480019.03	8444646.97	2422.28	77	5	17	37.5	10.5
T_1211	480018.31	8444647.69	2419.46	81	5	17	37.5	10
T_1211	480017.58	8444648.42	2416.64	73	4	16	15	10.6
T_1211	480016.85	8444649.15	2413.82	41	11	16	15	10.8
T_1211	480016.13	8444649.87	2411	76	4	16	15	9.7
T_1211	480015.4	8444650.6	2408.18	54	9	16	15	9.8
T_1211	480014.68	8444651.32	2405.36	79	6	17	15	9.3
T_1211	480013.95	8444652.05	2402.54	26	13	16	25	10.9
T_1211	480013.23	8444652.77	2399.72	48	8	17	37.5	9.6
T_1211	480012.5	8444653.5	2396.9	58	8	17	25	10.1

T_1211	480011.78	8444654.22	2394.09	60	12	16	25	10.5
T_1211	480011.05	8444654.95	2391.27	37	11	17	25	10.1
T_1211	480010.32	8444655.68	2388.45	57	9	17	37.5	9.4
T_1211	480009.6	8444656.4	2385.63	72	7	17	25	10.6
T_1211	480008.87	8444657.13	2382.81	70	6	17	25	9.7
T_1211	480008.15	8444657.85	2379.99	91	6	17	25	10
T_1211	480007.42	8444658.58	2377.17	75	6	17	25	10.9
T_1211	480006.7	8444659.3	2374.35	74	9	16	25	10.9
T_1211	480005.97	8444660.03	2371.53	88	6	16	25	9.2
T_1211	480005.25	8444660.75	2368.71	63	7	17	25	10.7
T_1211	480004.52	8444661.48	2365.89	79	6	16	25	10.7
T_1211	480003.8	8444662.2	2363.08	61	6	16	25	10.2
T_1211	480003.07	8444662.93	2360.26	97	7	17	25	10.4
T_1211	480002.34	8444663.66	2357.44	81	7	17	25	10.3
T_1211	480001.62	8444664.38	2354.62	20	16	17	15	10
T_1211	480000.89	8444665.11	2351.8	85	4	17	25	9.5
T_1211	480000.17	8444665.83	2348.98	74	6	17	37.5	10
T_1211	479999.44	8444666.56	2346.16	65	6	17	25	9.9
T_1211	479998.72	8444667.28	2343.34	63	8	17	25	10.8
T_1211	479997.99	8444668.01	2340.52	72	10	17	37.5	10.5
T_1211	479997.27	8444668.73	2337.7	68	8	17	25	9.8
T_1211	479996.54	8444669.46	2334.89	43	14	18	25	9.4
T_1211	479995.81	8444670.19	2332.07	69	5	16	15	10.4
T_1212	479326.55	8443998.2	2339.96	100	2	18	37.5	9.4
T_1212	479325.48	8443999.27	2337.37	91	4	17	50	9.8
T_1212	479324.42	8444000.33	2334.77	88	3	17	50	9.6
T_1212	479323.36	8444001.39	2332.17	100	1	18	50	10.8
T_1212	479322.3	8444002.45	2329.57	87	3	18	50	10.5
T_1212	479321.24	8444003.51	2326.97	98	2	18	50	10.1
T_1212	479320.18	8444004.57	2324.38	99	1	19	50	10.2
T_1212	479319.12	8444005.63	2321.78	87	3	19	50	10.5
T_1212	479318.06	8444006.69	2319.18	100	1	19	50	10.8
T_1212	479317	8444007.75	2316.58	94	3	17	50	10.4
T_1212	479315.94	8444008.81	2313.98	98	2	18	50	9.7
T_1212	479314.88	8444009.87	2311.39	95	2	17	50	10.1
T_1212	479313.82	8444010.93	2308.79	100	1	17	50	10.4
T_1212	479312.76	8444011.99	2306.19	78	4	18	50	10.4
T_1212	479311.7	8444013.05	2303.59	69	7	18	50	9.2
T_1212	479310.64	8444014.11	2300.99	86	3	17	50	10.8
T_1212	479309.57	8444015.18	2298.39	79	4	18	50	10.8
T_1212	479308.51	8444016.24	2295.8	82	4	18	50	9.9
T_1212	479307.45	8444017.3	2293.2	99	2	16	75	9.9
T_1212	479306.39	8444018.36	2290.6	100	1	17	50	10.8
T_1212	479305.33	8444019.42	2288	87	3	16	50	10.1
T_1212	479304.27	8444020.48	2285.4	94	2	16	50	9.1
T_1212	479303.21	8444021.54	2282.81	92	3	15	50	10.7
T_1212	479302.15	8444022.6	2280.21	95	2	17	50	9.1
T_1212	479301.09	8444023.66	2277.61	93	2	18	50	9.6
T_1212	479300.03	8444024.72	2275.01	100	2	18	50	9.3
T_1212	479298.97	8444025.78	2272.41	95	3	17	50	9.4
T_1212	479297.91	8444026.84	2269.82	89	4	17	50	10.4
T_1212	479296.85	8444027.9	2267.22	97	3	18	50	10.9
T_1212	479295.79	8444028.96	2264.62	97	3	18	50	10
T_1212	479294.73	8444030.02	2262.02	97	2	17	75	9.4
T_1212	479293.66	8444031.09	2259.42	97	3	17	50	9.1
T_1212	479292.6	8444032.15	2256.83	97	3	18	50	9.3
T_1212	479291.54	8444033.21	2254.23	99	3	18	50	10
T_1212	479290.48	8444034.27	2251.63	94	4	17	50	10.8
T_1212	479289.42	8444035.33	2249.03	94	3	18	50	9.4
T_1212	479288.36	8444036.39	2246.43	93	3	19	50	9.4
T_1212	479287.48	8444037.27	2244.27	93	2	19	50	10.2
T_1213	480042.49	8444623.81	2449.58	45	11	18	37.5	10
T_1213	480043.55	8444622.75	2446.98	21	14	18	37.5	10.3
T_1213	480044.61	8444621.69	2444.38	16	18	18	37.5	10.1
T_1213	480045.67	8444620.63	2441.79	-1	-1	18	37.5	9.5
T_1213	480046.73	8444619.57	2439.19	17	16	18	37.5	10.5
T_1213	480048.85	8444617.45	2433.99	59	7	18	37.5	9.7
T_1213	480049.91	8444616.39	2431.39	48	11	18	50	9

T_1213	480050.97	8444615.33	2428.8	73	7	18	50	10.7
T_1213	480052.04	8444614.26	2426.2	75	6	18	75	9
T_1213	480053.1	8444613.2	2423.6	74	5	18	75	10.3
T_1213	480054.16	8444612.14	2421	44	12	18	75	10.1
T_1213	480055.22	8444611.08	2418.4	37	12	18	75	9.5
T_1213	480056.28	8444610.02	2415.81	34	14	18	75	10.4
T_1213	480057.34	8444608.96	2413.21	62	7	18	75	9.9
T_1213	480058.4	8444607.9	2410.61	32	13	18	75	9.4
T_1213	480059.46	8444606.84	2408.01	47	9	18	75	10.9
T_1213	480060.52	8444605.78	2405.41	20	16	18	75	10.1
T_1213	480061.58	8444604.72	2402.81	65	7	19	75	10.6
T_1213	480062.64	8444603.66	2400.22	66	6	18	75	10.4
T_1213	480063.7	8444602.6	2397.62	94	6	18	75	11
T_1213	480064.76	8444601.54	2395.02	81	5	18	75	9.1
T_1213	480065.82	8444600.48	2392.42	47	9	18	75	10
T_1213	480066.88	8444599.42	2389.82	44	10	19	50	9.4
T_1213	480067.77	8444598.53	2387.66	98	5	20	75	9.6
T_1213	480068.3	8444597.99	2386.36	98	5	20	75	10.8
T_1213	480069	8444597.24	2384.65	92	4	20	75	10.4
T_1213	480070.05	8444596.11	2382.08	88	5	20	75	9.2
T_1213	480071.11	8444594.98	2379.51	98	4	20	75	9.2
T_1213	480072.16	8444593.85	2376.94	68	6	20	75	10.8
T_1213	480073.22	8444592.72	2374.36	80	4	20	75	9.1
T_1213	480074.27	8444591.59	2371.79	82	4	20	75	10.8
T_1213	480075.32	8444590.46	2369.22	89	5	19	75	9.1
T_1213	480076.38	8444589.33	2366.65	85	5	20	75	10.6
T_1214	479518.8	8444023.18	2463.94	73	6	19	50	10.4
T_1214	479517.62	8444024.32	2462.06	72	6	18	75	9
T_1214	479516.21	8444025.69	2459.79	81	6	20	75	10.9
T_1214	479514.79	8444027.06	2457.53	94	5	19	75	10.4
T_1214	479513.37	8444028.42	2455.26	95	4	19	75	10.4
T_1214	479511.96	8444029.79	2453	82	4	18	75	10.3
T_1214	479510.54	8444031.16	2450.74	82	5	19	75	10.3
T_1214	479509.13	8444032.52	2448.47	93	4	19	75	9.6
T_1214	479507.71	8444033.89	2446.21	89	5	18	75	9.2
T_1214	479506.3	8444035.26	2443.94	97	3	17	75	10.8
T_1214	479504.88	8444036.63	2441.68	81	4	18	75	10.1
T_1214	479503.46	8444037.99	2439.41	99	3	17	75	10.9
T_1214	479502.05	8444039.36	2437.15	94	4	19	75	9.3
T_1214	479500.63	8444040.73	2434.89	96	4	18	75	10.2
T_1214	479499.22	8444042.09	2432.62	83	5	19	75	10.6
T_1214	479497.8	8444043.46	2430.36	92	5	18	75	9.4
T_1214	479496.39	8444044.83	2428.09	88	5	18	75	10.2
T_1214	479494.97	8444046.2	2425.83	88	8	17	75	10.7
T_1214	479493.55	8444047.56	2423.57	70	6	19	75	11
T_1214	479492.14	8444048.93	2421.3	27	13	19	75	9.7
T_1214	479490.72	8444050.3	2419.04	81	4	18	75	10.1
T_1214	479489.31	8444051.67	2416.77	71	6	17	75	10.7
T_1214	479487.89	8444053.03	2414.51	78	6	17	75	10.2
T_1214	479486.47	8444054.4	2412.25	91	5	18	75	10.8
T_1214	479485.06	8444055.77	2409.98	90	4	18	75	9.6
T_1214	479483.64	8444057.13	2407.72	94	3	19	75	10.7
T_1214	479482.23	8444058.5	2405.45	80	5	18	75	9.9
T_1214	479480.81	8444059.87	2403.19	92	4	18	75	9.2
T_1214	479479.4	8444061.24	2400.92	92	4	18	75	10.3
T_1214	479477.98	8444062.6	2398.66	85	3	17	75	9.4
T_1214	479476.56	8444063.97	2396.4	87	3	18	75	9.1
T_1214	479475.15	8444065.34	2394.13	95	3	18	75	10.5
T_1214	479473.73	8444066.7	2391.87	85	3	17	75	10.2
T_1214	479472.32	8444068.07	2389.6	93	4	18	75	9.3
T_1214	479470.9	8444069.44	2387.34	91	3	17	75	10.9
T_1214	479469.49	8444070.81	2385.08	93	4	17	75	9.7
T_1214	479468.07	8444072.17	2382.81	95	5	19	75	10.7
T_1214	479466.65	8444073.54	2380.55	79	6	19	75	9.9
T_1214	479465.24	8444074.91	2378.28	89	7	18	75	10.1
T_1214	479463.82	8444076.28	2376.02	75	7	18	75	10.6
T_1214	479462.41	8444077.64	2373.76	94	4	18	75	10.3
T_1214	479460.99	8444079.01	2371.49	88	5	18	75	10.4

T_1214	479459.57	8444080.38	2369.23	100	2	18	75	10
T_1214	479458.16	8444081.74	2366.96	99	2	17	75	10.3
T_1214	479456.74	8444083.11	2364.7	97	3	17	75	10.2
T_1214	479455.33	8444084.48	2362.43	60	7	17	50	10.6
T_1214	479453.91	8444085.85	2360.17	55	8	18	75	9.6
T_1214	479433.85	8444104.73	2328.47	72	7	18	75	10.9
T_1214	479432.41	8444106.08	2326.21	71	9	18	75	10.2
T_1214	479430.97	8444107.42	2323.94	94	10	18	75	10.9
T_1214	479429.53	8444108.76	2321.68	89	7	18	75	10.2
T_1214	479428.09	8444110.1	2319.42	90	7	19	75	9.2
T_1214	479426.65	8444111.44	2317.15	89	4	17	75	9.3
T_1214	479425.21	8444112.79	2314.89	95	4	17	75	10.8
T_1214	479423.77	8444114.13	2312.62	90	5	17	50	10.5
T_1214	479422.33	8444115.47	2310.36	93	4	17	50	10.2
T_1214	479420.9	8444116.81	2308.1	92	4	17	50	9
T_1214	479419.46	8444118.16	2305.83	82	5	17	50	9.6
T_1214	479418.02	8444119.5	2303.57	87	4	16	37.5	10
T_1214	479416.58	8444120.84	2301.3	100	0	16	15	10.2
T_1214	479415.14	8444122.18	2299.04	86	3	15	37.5	10.5
T_1214	479413.7	8444123.53	2296.77	100	0	25	75	10.2
T_1215	479988.77	8444608.09	2448.73	52	10	16	50	9.2
T_1215	479987.78	8444609.08	2446.08	59	9	17	37.5	9.9
T_1215	479986.78	8444610.08	2443.43	16	16	17	50	10.3
T_1215	479985.79	8444611.07	2440.79	47	10	17	50	9.1
T_1215	479984.79	8444612.07	2438.14	20	16	17	50	10.8
T_1215	479983.79	8444613.07	2435.49	36	13	18	50	10.7
T_1215	479982.8	8444614.06	2432.84	61	8	16	50	9.5
T_1215	479981.8	8444615.06	2430.19	82	4	17	50	10.3
T_1215	479980.81	8444616.05	2427.54	28	15	17	37.5	10.4
T_1215	479979.81	8444617.05	2424.89	18	17	17	25	10
T_1215	479978.81	8444618.05	2422.24	-1	-1	17	37.5	9.7
T_1215	479977.82	8444619.04	2419.59	62	8	17	50	9.8
T_1215	479976.82	8444620.04	2416.95	60	8	17	50	10.2
T_1215	479975.83	8444621.03	2414.3	8	19	16	37.5	9.6
T_1215	479974.83	8444622.03	2411.65	59	8	17	50	10.1
T_1215	479973.83	8444623.03	2409	37	12	17	37.5	10.5
T_1215	479972.84	8444624.02	2406.35	34	14	17	37.5	9.2
T_1215	479971.84	8444625.02	2403.7	68	7	17	50	10.4
T_1215	479970.85	8444626.01	2401.05	84	3	17	75	10.2
T_1215	479969.85	8444627.01	2398.4	66	7	17	50	10.5
T_1215	479968.85	8444628.01	2395.76	69	6	17	37.5	9
T_1215	479967.86	8444629	2393.11	47	12	15	37.5	10.8
T_1215	479966.86	8444630	2390.46	47	12	17	50	10.4
T_1215	479965.87	8444630.99	2387.81	77	5	17	50	10.3
T_1215	479964.87	8444631.99	2385.16	40	12	16	37.5	10.6
T_1215	479963.88	8444632.98	2382.51	75	6	16	50	10.1
T_1215	479962.88	8444633.98	2379.86	76	6	16	50	9.4
T_1215	479961.88	8444634.98	2377.21	78	4	17	50	9.5
T_1215	479960.89	8444635.97	2374.56	68	5	17	75	10.3
T_1215	479959.89	8444636.97	2371.92	81	3	17	50	9.8
T_1215	479958.9	8444637.96	2369.27	87	4	16	50	9.9
T_1215	479957.9	8444638.96	2366.62	71	5	17	50	9.7
T_1215	479956.9	8444639.96	2363.97	82	4	17	50	9.1
T_1215	479955.91	8444640.95	2361.32	45	11	17	50	10.6
T_1215	479954.91	8444641.95	2358.67	75	5	17	50	10.4
T_1215	479953.92	8444642.94	2356.02	70	7	17	50	9.6
T_1215	479952.92	8444643.94	2353.37	97	2	17	75	10.4
T_1215	479951.92	8444644.94	2350.72	78	5	17	50	10.2
T_1215	479950.93	8444645.93	2348.08	86	3	17	50	9.7
T_1215	479949.93	8444646.93	2345.43	-1	-1	17	50	9.3
T_1215	479948.94	8444647.92	2342.78	-1	-1	17	25	9.2
T_1215	479947.94	8444648.92	2340.13	-1	-1	17	25	11
T_1215	479946.95	8444649.91	2337.48	50	11	16	37.5	11
T_1215	479945.95	8444650.91	2334.83	73	5	17	25	9.2
T_1215	479944.95	8444651.91	2332.18	79	4	17	25	9.3
T_1215	479943.96	8444652.9	2329.53	53	10	16	25	10.8
T_1215	479942.96	8444653.9	2326.89	58	8	17	15	9.9
T_1215	479941.97	8444654.89	2324.24	88	3	16	37.5	9.2

T_1215	479940.97	8444655.89	2321.59	64	9	16	15	9.8
T_1215	479939.97	8444656.89	2318.94	30	14	16	5	10.8
T_1215	479938.98	8444657.88	2316.29	60	8	17	15	9.3
T_1215	479937.98	8444658.88	2313.64	41	12	16	15	9.2
T_1215	479936.99	8444659.87	2310.99	48	10	17	37.5	9.9
T_1215	479935.99	8444660.87	2308.34	75	5	17	15	10.5
T_1215	479934.99	8444661.87	2305.69	35	14	18	5	11
T_1215	479934	8444662.86	2303.05	25	16	15	15	9.3
T_1215	479933	8444663.86	2300.4	77	5	17	50	10.9
T_1215	479932.01	8444664.85	2297.75	73	5	16	5	10.9
T_1215	479931.34	8444665.52	2295.98	68	8	16	15	10.7
T_1216	479977.24	8444549.76	2464.87	46	12	15	25	10.8
T_1216	479976.62	8444550.38	2462	14	19	16	15	10.9
T_1216	479976	8444551	2459.13	12	19	17	15	10
T_1216	479975.38	8444551.62	2456.26	44	11	16	15	9.4
T_1216	479974.76	8444552.24	2453.4	8	20	16	15	9.5
T_1216	479974.14	8444552.86	2450.53	77	4	16	15	10.7
T_1216	479973.52	8444553.48	2447.66	83	5	16	5	10.7
T_1216	479972.9	8444554.1	2444.79	67	8	15	5	9.7
T_1216	479972.28	8444554.72	2441.92	72	7	17	15	10.5
T_1216	479971.66	8444555.34	2439.05	90	2	16	15	10.7
T_1216	479971.04	8444555.96	2436.18	42	12	17	15	10
T_1216	479970.42	8444556.58	2433.31	67	7	17	5	11
T_1216	479969.8	8444557.2	2430.44	63	8	17	15	11
T_1216	479969.18	8444557.82	2427.58	62	8	17	15	9.5
T_1216	479968.56	8444558.44	2424.71	40	13	17	15	9.8
T_1216	479967.94	8444559.06	2421.84	51	11	17	25	10.5
T_1216	479967.32	8444559.68	2418.97	53	11	17	50	9.6
T_1216	479966.7	8444560.3	2416.1	85	3	17	50	9.6
T_1216	479966.08	8444560.92	2413.23	67	8	17	50	10.7
T_1216	479965.46	8444561.54	2410.36	69	8	17	37.5	9.8
T_1216	479964.84	8444562.16	2407.49	58	10	15	50	9.8
T_1216	479964.22	8444562.78	2404.62	29	16	17	50	9.5
T_1216	479963.6	8444563.4	2401.76	58	8	17	50	9.9
T_1216	479962.98	8444564.02	2398.89	72	6	17	50	10.1
T_1216	479962.36	8444564.64	2396.02	80	4	17	37.5	10.4
T_1216	479961.74	8444565.26	2393.15	53	11	17	25	9.7
T_1216	479961.12	8444565.88	2390.28	52	10	17	25	10.3
T_1216	479960.5	8444566.5	2387.41	68	7	17	15	10.9
T_1216	479959.88	8444567.12	2384.54	67	7	17	25	10.5
T_1216	479959.26	8444567.74	2381.67	18	17	17	25	9.8
T_1216	479958.64	8444568.36	2378.8	45	12	17	37.5	9.2
T_1216	479958.02	8444568.98	2375.94	72	6	17	37.5	10.6
T_1216	479957.4	8444569.6	2373.07	24	17	15	15	10.2
T_1216	479956.78	8444570.22	2370.2	-1	-1	-1	0.5	9.3
T_1216	479956.16	8444570.84	2367.33	35	15	16	15	9.4
T_1216	479955.54	8444571.46	2364.46	33	14	17	15	9.1
T_1216	479954.92	8444572.08	2361.59	22	17	15	15	10.3
T_1216	479954.29	8444572.71	2358.72	9	19	15	15	10.9
T_1216	479953.67	8444573.33	2355.85	12	19	15	5	10
T_1216	479953.05	8444573.95	2352.98	58	9	17	25	9.4
T_1216	479952.43	8444574.57	2350.11	98	1	16	50	10.8
T_1216	479951.81	8444575.19	2347.25	86	4	17	75	10
T_1216	479947.47	8444579.53	2327.16	67	7	17	75	10.1
T_1216	479946.85	8444580.15	2324.29	23	17	17	37.5	10.6
T_1216	479946.23	8444580.77	2321.43	40	12	17	37.5	9.2
T_1216	479945.61	8444581.39	2318.56	60	9	16	75	10.4
T_1216	479944.99	8444582.01	2315.69	47	11	17	50	9.1
T_1216	479944.37	8444582.63	2312.82	65	8	15	50	10
T_1216	479943.75	8444583.25	2309.95	64	9	16	75	10
T_1216	479943.13	8444583.87	2307.08	85	4	17	50	9.9
T_1216	479942.51	8444584.49	2304.21	69	7	17	75	10
T_1216	479941.89	8444585.11	2301.34	55	9	16	75	10.2
T_1219	479731.5	8444162.5	2450.99	78	6	17	37.5	10.9
T_1219	479730.91	8444163.09	2448.11	94	2	17	37.5	10.2
T_1219	479730.33	8444163.67	2445.22	94	3	17	37.5	10.7
T_1219	479729.74	8444164.26	2442.34	67	6	17	37.5	10.2
T_1219	479729.16	8444164.84	2439.46	59	8	17	37.5	10.8

T_1219	479728.57	8444165.43	2436.57	70	5	18	50	9.8
T_1219	479727.99	8444166.01	2433.69	58	7	17	37.5	9.9
T_1219	479727.4	8444166.6	2430.8	54	9	17	37.5	9
T_1219	479726.82	8444167.18	2427.92	57	9	17	37.5	9.6
T_1219	479726.23	8444167.77	2425.04	90	2	16	37.5	9.4
T_1219	479725.65	8444168.35	2422.15	87	5	16	37.5	10.2
T_1219	479725.06	8444168.94	2419.27	61	8	16	37.5	10.4
T_1219	479724.48	8444169.52	2416.39	45	11	18	37.5	9.9
T_1219	479723.89	8444170.11	2413.5	55	9	16	37.5	10.7
T_1219	479723.31	8444170.69	2410.62	85	2	18	37.5	9.7
T_1219	479722.73	8444171.27	2407.73	92	3	16	37.5	9.3
T_1219	479722.14	8444171.86	2404.85	66	6	17	37.5	9.1
T_1219	479721.56	8444172.44	2401.97	89	3	17	37.5	10.3
T_1219	479720.97	8444173.03	2399.08	43	11	16	37.5	10.5
T_1219	479720.39	8444173.61	2396.2	55	9	18	37.5	9.9
T_1219	479719.8	8444174.2	2393.32	60	7	17	37.5	10.4
T_1219	479719.24	8444174.77	2390.42	86	4	18	37.5	9
T_1219	479718.72	8444175.34	2387.53	83	3	17	37.5	9.8
T_1219	479718.19	8444175.91	2384.63	99	1	18	37.5	9.5
T_1219	479717.66	8444176.48	2381.73	79	3	15	37.5	9.1
T_1219	479717.13	8444177.05	2378.83	90	2	17	37.5	9.3
T_1219	479716.6	8444177.61	2375.94	83	4	17	37.5	10.2
T_1219	479716.07	8444178.18	2373.04	64	6	17	37.5	9.9
T_1219	479715.54	8444178.75	2370.14	82	4	17	37.5	9.4
T_1219	479715.01	8444179.32	2367.24	75	5	16	37.5	10
T_1219	479714.48	8444179.89	2364.34	75	5	17	37.5	10
T_1219	479713.95	8444180.45	2361.45	73	6	17	37.5	10.3
T_1219	479713.42	8444181.02	2358.55	90	3	18	37.5	10.9
T_1219	479712.89	8444181.59	2355.65	12	18	17	37.5	10.3
T_1219	479712.36	8444182.16	2352.75	94	3	17	37.5	9.7
T_1219	479711.83	8444182.72	2349.86	84	4	17	37.5	9.3
T_1219	479711.3	8444183.29	2346.96	96	3	18	37.5	11
T_1219	479710.77	8444183.86	2344.06	92	3	16	37.5	10.8
T_1219	479708.12	8444186.7	2329.57	60	7	16	37.5	9.8
T_1219	479707.59	8444187.27	2326.67	65	6	17	37.5	10.6
T_1219	479707.07	8444187.84	2323.78	73	5	17	37.5	9.3
T_1219	479706.54	8444188.4	2320.88	63	7	17	37.5	9.1
T_1219	479706.01	8444188.97	2317.98	72	6	16	37.5	9.1
T_1219	479705.48	8444189.54	2315.08	83	3	17	37.5	11
T_1219	479704.95	8444190.11	2312.18	70	5	17	37.5	10.2
T_1219	479704.42	8444190.67	2309.29	57	9	17	37.5	10
T_1219	479703.89	8444191.24	2306.39	63	8	17	37.5	9
T_1219	479703.36	8444191.81	2303.49	80	4	17	37.5	10.7
T_1219	479702.83	8444192.38	2300.59	67	7	17	37.5	10.5
T_1219	479702.3	8444192.95	2297.7	78	4	17	37.5	9.9
T_1219	479701.95	8444193.32	2295.76	100	3	17	37.5	9.6
T_1220	479164.17	8444509.86	2255.62	-1	-1	17	0.5	9.2
T_1220	479158.42	8444515.61	2237.35	12	18	17	25	10.2
T_1220	479157.55	8444516.48	2234.61	4	20	17	15	9.7
T_1220	479156.69	8444517.34	2231.87	17	16	18	37.5	10
T_1220	479155.83	8444518.2	2229.13	60	7	18	37.5	10.7
T_1220	479154.96	8444519.07	2226.39	56	7	18	37.5	9.6
T_1220	479154.1	8444519.93	2223.65	51	7	18	37.5	10.6
T_1220	479153.24	8444520.79	2220.91	53	8	18	25	9.5
T_1220	479152.38	8444521.65	2218.17	56	8	18	25	9.3
T_1220	479151.51	8444522.52	2215.43	79	6	18	37.5	9.6
T_1220	479150.65	8444523.38	2212.68	53	9	17	37.5	10.7
T_1220	479149.79	8444524.24	2209.94	63	5	17	37.5	10.5
T_1220	479148.92	8444525.11	2207.2	20	16	17	37.5	9.1
T_1220	479148.06	8444525.97	2204.46	55	8	18	37.5	10.2
T_1220	479147.2	8444526.83	2201.72	83	5	17	37.5	10.6
T_1220	479146.34	8444527.69	2198.98	60	7	16	37.5	9.2
T_1220	479145.47	8444528.56	2196.24	70	7	18	50	9.8
T_1220	479144.61	8444529.42	2193.5	42	10	17	50	10.2
T_1220	479143.75	8444530.28	2190.76	44	10	17	37.5	10.5
T_1220	479142.88	8444531.15	2188.02	88	3	16	37.5	9.9
T_1220	479142.02	8444532.01	2185.28	87	5	17	37.5	9.3
T_1220	479141.16	8444532.87	2182.54	81	4	18	37.5	10.9

T_1220	479140.3	8444533.73	2179.8	70	5	17	37.5	11
T_1220	479139.43	8444534.6	2177.06	60	8	18	37.5	10.6
T_1220	479138.57	8444535.46	2174.32	84	3	17	37.5	10.9
T_1220	479137.71	8444536.32	2171.58	58	8	17	37.5	9.1
T_1220	479136.85	8444537.18	2168.83	79	5	17	37.5	10.6
T_1220	479135.98	8444538.05	2166.09	94	3	17	50	9.2
T_1220	479135.12	8444538.91	2163.35	79	3	18	50	9.2
T_1220	479134.26	8444539.77	2160.61	77	5	19	50	9.7
T_1220	479133.39	8444540.64	2157.87	91	3	18	37.5	11
T_1220	479132.53	8444541.5	2155.13	88	2	17	37.5	9.2
T_1220	479131.67	8444542.36	2152.39	89	2	17	37.5	10
T_1220	479130.81	8444543.22	2149.65	89	5	17	37.5	11
T_1220	479129.94	8444544.09	2146.91	88	3	17	37.5	10.2
T_1220	479129.08	8444544.95	2144.17	50	10	16	37.5	9.5
T_1220	479128.22	8444545.81	2141.43	40	11	17	25	9.2
T_1220	479127.35	8444546.68	2138.69	36	12	18	25	10.8
T_1220	479126.49	8444547.54	2135.95	92	3	18	37.5	10.5
T_1220	479125.63	8444548.4	2133.21	84	3	18	37.5	10.8
T_1220	479124.77	8444549.26	2130.47	50	10	18	25	10.9
T_1220	479123.9	8444550.13	2127.72	63	7	18	25	10.3
T_1220	479123.04	8444550.99	2124.98	43	11	17	25	10.1
T_1220	479122.18	8444551.85	2122.24	46	11	18	25	9.8
T_1220	479121.31	8444552.72	2119.5	70	6	18	37.5	9.2
T_1220	479120.45	8444553.58	2116.76	74	5	18	37.5	10.7
T_1220	479119.59	8444554.44	2114.02	47	11	17	37.5	10.2
T_1220	479118.73	8444555.3	2111.28	68	7	19	37.5	9.2
T_1220	479117.86	8444556.17	2108.54	80	4	18	37.5	9.6
T_1220	479117	8444557.03	2105.8	57	8	17	25	10.9
T_1220	479116.14	8444557.89	2103.06	37	12	17	25	9.8
T_1220	479115.27	8444558.76	2100.32	12	18	17	15	9.9
T_1220	479114.41	8444559.62	2097.58	18	17	16	3	11
T_1220	479113.55	8444560.48	2094.84	69	6	18	37.5	10.2
T_1220	479112.69	8444561.34	2092.1	84	3	17	50	9.7
T_1220	479111.82	8444562.21	2089.36	10	19	18	50	9.9
T_1220	479110.96	8444563.07	2086.62	88	4	17	50	10.2
T_1220	479110.1	8444563.93	2083.87	81	6	18	37.5	10.9
T_1220	479109.23	8444564.79	2081.13	72	5	18	37.5	9.6
T_1220	479108.37	8444565.66	2078.39	34	13	17	25	10.3
T_1220	479107.51	8444566.52	2075.65	39	12	18	50	9.3
T_1220	479106.65	8444567.38	2072.91	50	10	17	37.5	10.8
T_1220	479105.78	8444568.25	2070.17	58	8	17	37.5	10.8
T_1220	479104.92	8444569.11	2067.43	56	9	16	37.5	9.8
T_1220	479104.06	8444569.97	2064.69	100	2	16	37.5	9.9
T_1220	479103.2	8444570.83	2061.95	70	6	17	37.5	9.6
T_1220	479102.33	8444571.7	2059.21	64	7	17	37.5	9.7
T_1220	479101.47	8444572.56	2056.47	78	5	18	37.5	9.1
T_1220	479100.61	8444573.42	2053.73	80	4	18	37.5	10.9
T_1220	479099.74	8444574.29	2050.99	40	12	16	37.5	9.9
T_1220	479098.88	8444575.15	2048.25	62	7	17	37.5	10.9
T_1220	479098.02	8444576.01	2045.51	51	10	17	37.5	10.1
T_1220	479097.16	8444576.87	2042.77	58	8	17	37.5	9.9
T_1220	479096.29	8444577.74	2040.02	76	5	18	37.5	10.3
T_1220	479095.43	8444578.6	2037.28	63	7	17	37.5	9.9
T_1220	479094.57	8444579.46	2034.54	29	14	18	37.5	11
T_1220	479093.7	8444580.33	2031.8	32	12	18	37.5	10
T_1220	479093.06	8444580.97	2029.75	39	14	18	37.5	9.6
T_1221	479661.15	8444091.99	2433.57	95	2	18	37.5	9.3
T_1221	479660.19	8444092.95	2430.9	79	4	18	50	9.5
T_1221	479659.22	8444093.92	2428.22	54	9	17	37.5	10.1
T_1221	479658.26	8444094.88	2425.55	93	3	17	37.5	9.1
T_1221	479657.3	8444095.84	2422.88	71	5	17	37.5	9.5
T_1221	479655.37	8444097.77	2417.53	56	8	17	37.5	11
T_1221	479654.41	8444098.73	2414.86	47	11	16	25	10
T_1221	479653.44	8444099.69	2412.19	69	6	18	37.5	9.5
T_1221	479652.48	8444100.66	2409.51	22	16	16	25	9.4
T_1221	479651.52	8444101.62	2406.84	19	16	17	37.5	10.1
T_1221	479650.56	8444102.58	2404.17	23	12	17	37.5	9.5
T_1221	479649.59	8444103.55	2401.49	57	8	18	37.5	10.6

T_1221	479648.63	8444104.51	2398.82	64	5	17	37.5	10.7
T_1221	479647.67	8444105.47	2396.15	89	4	18	37.5	9.4
T_1221	479646.7	8444106.44	2393.48	84	3	18	37.5	10.1
T_1221	479645.74	8444107.4	2390.8	51	10	17	25	10.5
T_1221	479644.78	8444108.36	2388.13	59	8	17	37.5	9.5
T_1221	479643.81	8444109.33	2385.46	83	4	17	50	10.1
T_1221	479642.85	8444110.29	2382.78	95	3	18	50	10.7
T_1221	479641.89	8444111.25	2380.11	86	4	18	50	10.9
T_1221	479640.93	8444112.21	2377.44	67	6	18	37.5	10.3
T_1221	479639.96	8444113.18	2374.76	22	16	17	25	10.2
T_1221	479639	8444114.14	2372.09	45	12	16	15	10.7
T_1221	479638.04	8444115.1	2369.42	22	16	16	15	9.4
T_1221	479637.07	8444116.07	2366.74	50	10	17	25	9.2
T_1221	479636.11	8444117.03	2364.07	42	12	17	25	10.8
T_1221	479635.15	8444117.99	2361.4	26	15	17	15	10.9
T_1221	479634.18	8444118.96	2358.73	68	7	17	25	9.7
T_1221	479633.22	8444119.92	2356.05	58	9	16	25	10.3
T_1221	479632.26	8444120.88	2353.38	90	3	17	37.5	10.8
T_1221	479631.29	8444121.85	2350.71	84	5	17	37.5	10.8
T_1221	479630.33	8444122.81	2348.03	19	17	16	15	10.3
T_1221	479629.37	8444123.77	2345.36	25	16	18	37.5	9.3
T_1221	479628.41	8444124.73	2342.69	34	14	17	37.5	10.5
T_1221	479627.44	8444125.7	2340.01	62	8	17	37.5	10.4
T_1221	479626.48	8444126.66	2337.34	4	20	18	25	9.6
T_1221	479625.52	8444127.62	2334.67	14	18	16	25	10
T_1221	479624.55	8444128.59	2332	31	14	16	15	10.6
T_1221	479623.59	8444129.55	2329.32	15	18	15	5	9.4
T_1221	479622.71	8444130.43	2326.87	14	18	15	5	10.6
T_1221	479622.2	8444130.9	2325.54	14	18	15	5	9.7
T_1221	479621.49	8444131.36	2324.01	17	18	15	5	10.8
T_1221	479620.27	8444132.15	2321.39	36	13	18	37.5	10.2
T_1221	479619.05	8444132.95	2318.76	18	17	18	37.5	9.7
T_1221	479617.83	8444133.74	2316.14	8	19	17	37.5	9
T_1221	479616.61	8444134.53	2313.51	8	19	16	25	9.2
T_1221	479615.39	8444135.32	2310.89	71	6	16	15	9.5
T_1221	479614.17	8444136.11	2308.27	79	4	16	5	9.7
T_1221	479612.95	8444136.91	2305.64	78	5	16	25	9.9
T_1221	479611.73	8444137.7	2303.02	81	4	16	25	9.2
T_1221	479610.51	8444138.49	2300.39	94	2	17	25	9.7
T_1221	479609.3	8444139.28	2297.77	82	4	16	25	9.7
T_1221	479608.08	8444140.08	2295.15	74	6	16	25	10
T_1221	479606.86	8444140.87	2292.52	55	10	16	25	10.1
T_1221	479605.64	8444141.66	2289.9	23	16	17	15	9.8
T_1221	479604.42	8444142.45	2287.28	37	14	15	5	9.5
T_1221	479603.2	8444143.24	2284.65	20	17	15	3	10.5
T_1221	479601.98	8444144.04	2282.03	10	19	16	3	9.3
T_1221	479600.76	8444144.83	2279.4	20	17	16	3	10.2
T_1221	479599.54	8444145.62	2276.78	32	15	16	3	10.8
T_1221	479598.32	8444146.41	2274.16	18	17	18	15	9.1
T_1221	479597.1	8444147.2	2271.53	24	16	17	1	10.3
T_1221	479595.88	8444148	2268.91	14	18	17	1	9.4
T_1221	479594.66	8444148.79	2266.28	5	20	17	5	10.4
T_1221	479593.44	8444149.58	2263.66	-1	-1	16	5	10.1
T_1221	479592.22	8444150.37	2261.04	20	17	15	3	9.3
T_1221	479591	8444151.17	2258.41	13	18	16	3	10.4
T_1221	479589.78	8444151.96	2255.79	11	19	17	25	9.4
T_1221	479588.56	8444152.75	2253.17	18	18	17	15	10.2
T_1221	479587.34	8444153.54	2250.54	4	20	18	3	10.6
T_1221	479586.12	8444154.33	2247.92	13	18	18	37.5	10.1
T_1221	479584.9	8444155.13	2245.29	14	18	17	37.5	10.2
T_1221	479583.68	8444155.92	2242.67	21	16	17	37.5	9.6
T_1221	479582.46	8444156.71	2240.05	59	9	17	50	9.1
T_1221	479581.75	8444157.17	2238.52	29	16	17	25	9.4
T_1221	479581.17	8444157.54	2237.18	29	16	17	25	10.8
T_1222	479593.05	8444019.87	2450.78	69	7	17	50	10.6
T_1222	479592.02	8444020.9	2448.16	85	3	17	50	10.3
T_1222	479591	8444021.92	2445.53	89	3	17	50	9.5
T_1222	479589.97	8444022.95	2442.91	95	2	16	37.5	9.4

T_1222	479588.94	8444023.98	2440.28	97	1	17	37.5	10.8
T_1222	479587.91	8444025.01	2437.66	99	2	18	50	9
T_1222	479586.88	8444026.04	2435.04	95	2	16	50	9.3
T_1222	479585.85	8444027.07	2432.41	100	2	16	75	10.4
T_1222	479584.83	8444028.09	2429.79	87	3	17	75	9.4
T_1222	479583.8	8444029.12	2427.17	90	2	17	75	10
T_1222	479582.77	8444030.15	2424.54	87	3	17	75	10.5
T_1222	479581.74	8444031.18	2421.92	92	2	17	75	9.7
T_1222	479580.71	8444032.21	2419.29	69	6	17	75	10.4
T_1222	479579.68	8444033.24	2416.67	81	4	16	50	10.7
T_1222	479578.59	8444034.22	2414.06	93	2	17	37.5	9.3
T_1222	479577.42	8444035.17	2411.46	90	3	17	37.5	9.5
T_1222	479576.25	8444036.11	2408.86	78	5	17	37.5	10.7
T_1222	479575.09	8444037.06	2406.26	69	7	17	37.5	10.2
T_1222	479573.92	8444038	2403.67	97	2	17	37.5	10.6
T_1222	479572.76	8444038.94	2401.07	72	6	17	37.5	9.4
T_1222	479571.59	8444039.89	2398.47	88	4	16	50	9.7
T_1222	479570.43	8444040.83	2395.87	75	6	17	50	9.6
T_1222	479569.26	8444041.78	2393.27	94	3	17	50	10.1
T_1222	479568.09	8444042.72	2390.68	91	2	17	50	10.5
T_1222	479566.93	8444043.66	2388.08	85	4	18	50	10.3
T_1222	479565.76	8444044.61	2385.48	92	2	17	50	9.4
T_1222	479564.6	8444045.55	2382.88	75	6	18	50	9.9
T_1222	479563.43	8444046.49	2380.28	100	2	17	50	10.1
T_1222	479562.27	8444047.44	2377.69	84	4	18	50	9.4
T_1222	479561.1	8444048.38	2375.09	95	2	18	50	10.7
T_1222	479559.93	8444049.33	2372.49	97	2	16	50	10.6
T_1222	479558.77	8444050.27	2369.89	96	2	18	50	9.9
T_1222	479557.6	8444051.21	2367.29	48	11	17	50	10.8
T_1222	479556.44	8444052.16	2364.7	44	12	15	37.5	10.5
T_1222	479555.27	8444053.1	2362.1	56	9	17	50	10.8
T_1222	479554.11	8444054.05	2359.5	51	11	17	50	10.1
T_1222	479552.94	8444054.99	2356.9	70	7	16	37.5	10
T_1222	479551.77	8444055.93	2354.3	83	4	17	50	10.6
T_1222	479550.61	8444056.88	2351.71	92	2	17	50	10.2
T_1222	479549.44	8444057.82	2349.11	95	2	18	50	9.3
T_1222	479548.47	8444058.61	2346.94	100	1	18	50	9.4
T_1223	479842.49	8444407.46	2434.65	56	8	-1	50	10.2
T_1223	479841.22	8444408.73	2432.25	35	14	-1	50	10.2
T_1223	479839.94	8444410.01	2429.86	39	12	-1	50	10.2
T_1223	479838.66	8444411.29	2427.46	43	11	-1	50	9
T_1223	479837.39	8444412.56	2425.07	11	19	-1	25	9
T_1223	479836.11	8444413.84	2422.67	16	18	-1	25	10.3
T_1223	479834.83	8444415.12	2420.28	18	16	-1	37.5	9.1
T_1223	479833.56	8444416.39	2417.88	19	17	-1	37.5	9.8
T_1223	479832.28	8444417.67	2415.48	23	16	-1	37.5	9.1
T_1223	479831	8444418.95	2413.09	23	16	-1	37.5	10.8
T_1223	479829.73	8444420.22	2410.69	10	19	-1	50	10.8
T_1223	479828.45	8444421.5	2408.3	7	20	-1	3	9.4
T_1223	479827.17	8444422.78	2405.9	19	17	-1	15	10.6
T_1223	479825.9	8444424.05	2403.5	26	16	-1	15	10.8
T_1223	479824.62	8444425.33	2401.11	18	17	-1	15	9.9
T_1223	479823.34	8444426.61	2398.71	18	18	-1	15	9.8
T_1223	479822.07	8444427.88	2396.32	22	17	-1	15	10.4
T_1223	479820.79	8444429.16	2393.92	22	17	-1	15	10.7
T_1223	479819.51	8444430.44	2391.52	50	11	-1	15	9.6
T_1223	479818.18	8444431.65	2389.13	63	8	-1	25	9.2
T_1223	479816.8	8444432.82	2386.73	68	7	-1	25	10.3
T_1223	479815.42	8444433.98	2384.34	80	5	-1	37.5	10.8
T_1223	479814.03	8444435.14	2381.94	66	7	-1	25	9.7
T_1223	479812.65	8444436.3	2379.54	67	7	-1	37.5	9.9
T_1223	479811.27	8444437.46	2377.15	27	15	-1	25	10.2
T_1223	479809.89	8444438.62	2374.75	27	16	-1	3	9.9
T_1223	479808.5	8444439.78	2372.36	27	16	-1	1	9.7
T_1223	479807.12	8444440.94	2369.96	16	18	-1	37.5	9.7
T_1223	479805.74	8444442.1	2367.57	31	14	-1	25	9.8
T_1223	479804.35	8444443.26	2365.17	42	12	-1	25	10.6
T_1223	479802.97	8444444.42	2362.77	73	6	-1	37.5	10.9

T_1223	479801.59	8444445.58	2360.38	45	12	-1	37.5	10.3
T_1223	479800.2	8444446.74	2357.98	92	3	-1	37.5	9.6
T_1223	479798.82	8444447.9	2355.59	63	8	-1	37.5	9.6
T_1224	479901.19	8444357.62	2463.23	25	11	-1	50	9.8
T_1224	479900.26	8444358.55	2460.54	44	8	-1	50	10.4
T_1224	479899.33	8444359.48	2457.84	44	8	-1	50	9.4
T_1224	479898.4	8444360.41	2455.14	66	5	-1	50	9.8
T_1224	479897.47	8444361.34	2452.45	63	8	-1	50	10.3
T_1224	479896.54	8444362.27	2449.75	35	10	-1	50	11
T_1224	479895.61	8444363.2	2447.06	43	8	-1	50	9.7
T_1224	479894.68	8444364.13	2444.36	73	5	-1	50	10.1
T_1224	479893.75	8444365.06	2441.66	44	9	-1	50	9.6
T_1224	479892.82	8444365.99	2438.97	29	11	-1	50	9.2
T_1224	479891.89	8444366.92	2436.27	43	8	-1	50	10
T_1224	479890.96	8444367.85	2433.57	60	7	-1	50	10.6
T_1224	479890.03	8444368.78	2430.88	60	6	-1	50	9.4
T_1224	479889.41	8444369.4	2429.08	35	11	-1	50	9.3
T_1224	479888.93	8444369.88	2427.74	35	11	-1	50	9.6
T_1224	479888.13	8444370.68	2425.51	71	5	-1	50	9.8
T_1224	479887.16	8444371.65	2422.84	27	11	-1	50	9.4
T_1224	479886.2	8444372.61	2420.17	50	8	-1	50	10
T_1224	479885.24	8444373.57	2417.49	44	9	-1	50	9.9
T_1224	479884.28	8444374.53	2414.82	50	8	-1	50	10.2
T_1224	479883.31	8444375.5	2412.15	48	9	-1	50	10.6
T_1224	479882.35	8444376.46	2409.47	66	5	-1	50	9.5
T_1224	479881.39	8444377.42	2406.8	25	13	-1	37.5	9.5
T_1224	479880.42	8444378.39	2404.13	41	10	-1	50	10.4
T_1224	479879.46	8444379.35	2401.45	25	12	-1	50	10.3
T_1224	479878.5	8444380.31	2398.78	39	10	-1	50	10.4
T_1224	479877.53	8444381.28	2396.11	22	12	-1	50	10.5
T_1224	479876.57	8444382.24	2393.44	16	16	-1	50	9.9
T_1224	479875.61	8444383.2	2390.76	27	13	-1	50	9.6
T_1224	479874.64	8444384.17	2388.09	23	15	-1	50	10.7
T_1224	479873.68	8444385.13	2385.42	15	17	-1	50	10
T_1224	479872.72	8444386.09	2382.74	9	19	-1	50	9.8
T_1224	479871.76	8444387.05	2380.07	18	17	-1	37.5	10.5
T_1224	479870.79	8444388.02	2377.4	23	15	-1	50	9.1
T_1224	479869.83	8444388.98	2374.72	23	16	-1	37.5	9.7
T_1224	479868.87	8444389.94	2372.05	12	19	-1	50	10.1
T_1224	479867.9	8444390.91	2369.38	16	17	-1	50	9.2
T_1224	479866.94	8444391.87	2366.71	5	20	-1	37.5	9.6
T_1224	479865.98	8444392.83	2364.03	38	12	-1	50	9.6
T_1224	479865.01	8444393.8	2361.36	5	20	-1	25	10.9
T_1224	479853.46	8444405.35	2329.28	23	16	-1	15	9.5
T_1224	479852.49	8444406.32	2326.61	38	13	-1	25	9.8
T_1224	479851.53	8444407.28	2323.94	47	12	-1	5	9.9
T_1224	479850.57	8444408.24	2321.26	36	14	-1	15	10.3
T_1224	479849.61	8444409.2	2318.59	56	10	-1	25	10.2
T_1224	479848.64	8444410.17	2315.92	65	9	-1	25	10.3
T_1224	479847.68	8444411.13	2313.24	70	7	-1	25	10.1
T_1224	479846.72	8444412.09	2310.57	45	12	-1	5	10.6
T_1224	479845.75	8444413.06	2307.9	54	10	-1	15	9.6
T_1224	479844.79	8444414.02	2305.23	47	11	-1	25	10
T_1224	479843.83	8444414.98	2302.55	39	13	-1	37.5	10.6
T_1224	479842.86	8444415.95	2299.88	52	7	-1	37.5	10.4
T_1224	479841.9	8444416.91	2297.21	27	12	-1	37.5	9.9
T_1224	479841.26	8444417.55	2295.42	40	13	-1	0.5	10.1
T_1225	480108	8444647.47	2463.13	16	17	-1	37.5	9.4
T_1225	480106.78	8444648.69	2460.67	13	19	-1	37.5	10
T_1225	480105.56	8444649.91	2458.21	51	10	-1	37.5	10.7
T_1225	480104.35	8444651.12	2455.76	46	9	-1	37.5	9.2
T_1225	480103.13	8444652.34	2453.3	41	10	-1	37.5	11
T_1225	480101.91	8444653.56	2450.84	74	3	-1	37.5	10.4
T_1225	480100.7	8444654.77	2448.39	65	5	-1	50	9.8
T_1225	480099.48	8444655.99	2445.93	64	8	-1	37.5	10.9
T_1225	480098.26	8444657.21	2443.47	47	11	-1	50	10.2
T_1225	480097.05	8444658.42	2441.01	52	9	-1	37.5	9.2
T_1225	480095.83	8444659.64	2438.56	67	8	-1	37.5	9.2

T_1225	480094.61	8444660.86	2436.1	60	7	-1	37.5	9.6
T_1225	480093.39	8444662.08	2433.64	47	9	-1	50	10.8
T_1225	480092.18	8444663.29	2431.18	71	5	-1	50	9.4
T_1225	480090.96	8444664.51	2428.73	89	4	-1	50	9.1
T_1225	480089.74	8444665.73	2426.27	11	18	-1	37.5	10.8
T_1225	480088.53	8444666.94	2423.81	12	19	-1	37.5	10.3
T_1225	480087.31	8444668.16	2421.35	10	19	-1	37.5	9.4
T_1225	480086.09	8444669.38	2418.9	42	10	-1	37.5	10.3
T_1225	480084.88	8444670.59	2416.44	39	11	-1	37.5	9.4
T_1225	480083.66	8444671.81	2413.98	55	7	-1	37.5	10.6
T_1225	480082.44	8444673.03	2411.52	44	10	-1	50	10.3
T_1225	480081.23	8444674.24	2409.07	38	10	-1	37.5	10.5
T_1225	480080.01	8444675.46	2406.61	78	5	-1	37.5	10.6
T_1225	480078.79	8444676.68	2404.15	65	6	-1	50	10.5
T_1225	480077.58	8444677.89	2401.69	35	12	-1	50	10.2
T_1225	480076.36	8444679.11	2399.24	75	5	-1	50	10.6
T_1225	480075.14	8444680.33	2396.78	45	11	-1	37.5	9.7
T_1225	480073.93	8444681.54	2394.32	65	6	-1	50	9.3
T_1225	480072.71	8444682.76	2391.86	69	7	-1	50	10.3
T_1225	480071.49	8444683.98	2389.41	40	12	-1	37.5	10.9
T_1225	480070.28	8444685.19	2386.95	61	7	-1	50	9.2
T_1225	480069.06	8444686.41	2384.49	22	16	-1	50	10.4
T_1225	480067.84	8444687.63	2382.03	56	9	-1	50	9.6
T_1225	480066.63	8444688.84	2379.58	45	9	-1	37.5	10
T_1225	480065.41	8444690.06	2377.12	55	10	-1	37.5	9.5
T_1225	480064.19	8444691.28	2374.66	74	5	-1	25	9.1
T_1225	480062.98	8444692.49	2372.2	58	9	-1	25	9.3
T_1225	480061.76	8444693.71	2369.75	47	10	-1	25	9.9
T_1226	479820.35	8444288.1	2437.36	40	9	-1	50	10.9
T_1226	479821.62	8444286.83	2434.96	36	10	-1	50	10.5
T_1226	479822.9	8444285.55	2432.57	65	8	-1	50	9.3
T_1226	479824.18	8444284.27	2430.17	43	10	-1	50	9.4
T_1226	479825.45	8444283	2427.78	69	7	-1	50	9.8
T_1226	479826.73	8444281.72	2425.38	75	5	-1	50	10.1
T_1226	479828.01	8444280.44	2422.99	46	9	-1	50	10.1
T_1226	479829.28	8444279.17	2420.59	29	11	-1	50	9.5
T_1226	479830.56	8444277.89	2418.19	5	20	-1	25	9.8
T_1226	479831.84	8444276.61	2415.8	4	19	-1	37.5	9.4
T_1226	479833.11	8444275.34	2413.4	4	20	-1	37.5	10.8
T_1226	479834.39	8444274.06	2411.01	4	20	-1	37.5	10.1
T_1226	479835.67	8444272.78	2408.61	4	20	-1	25	9.9
T_1226	479836.94	8444271.51	2406.21	4	18	-1	25	10.5
T_1226	479838.22	8444270.23	2403.82	31	13	-1	37.5	9.9
T_1226	479839.5	8444268.95	2401.42	9	18	-1	37.5	11
T_1226	479840.77	8444267.68	2399.03	53	9	-1	25	10.8
T_1226	479842.05	8444266.4	2396.63	14	17	-1	5	9.9
T_1226	479843.33	8444265.12	2394.23	6	18	-1	25	10
T_1226	479844.61	8444263.86	2391.84	8	17	-1	37.5	9.2
T_1226	479845.91	8444262.6	2389.44	8	18	-1	15	9
T_1226	479847.21	8444261.35	2387.05	6	19	-1	25	9.4
T_1226	479848.51	8444260.1	2384.65	6	20	-1	0.5	10.5
T_1226	479849.81	8444258.84	2382.25	13	15	-1	5	10.9
T_1226	479851.11	8444257.59	2379.86	28	12	-1	37.5	10.7
T_1226	479852.41	8444256.33	2377.46	11	17	-1	25	9.7
T_1226	479853.71	8444255.08	2375.07	4	20	-1	3	10.6
T_1226	479855	8444253.82	2372.67	19	14	-1	37.5	9.2
T_1226	479856.3	8444252.57	2370.28	23	13	-1	25	9.7
T_1226	479857.6	8444251.32	2367.88	15	15	-1	37.5	10
T_1226	479858.9	8444250.06	2365.48	48	9	-1	37.5	10.3
T_1226	479860.2	8444248.81	2363.09	44	9	-1	37.5	9
T_1226	479861.5	8444247.55	2360.69	5	19	-1	37.5	9.1
T_1226	479862.8	8444246.3	2358.3	17	17	-1	25	9.9
T_1226	479864.1	8444245.05	2355.9	71	6	-1	25	10.2
T_1226	479865.18	8444244	2353.9	79	5	-1	25	9.2
T_1226	479865.82	8444243.37	2352.71	79	5	-1	25	10.6
T_1226	479866.67	8444242.52	2351.11	52	8	-1	37.5	9.3
T_1227	480114.51	8444640.96	2463.42	26	13	-1	37.5	9.4
T_1227	480115.1	8444640.37	2460.53	43	8	-1	37.5	10.3

T_1227	480115.68	8444639.79	2457.65	46	9	-1	37.5	9.9
T_1227	480116.27	8444639.2	2454.77	28	14	-1	37.5	9.8
T_1227	480116.85	8444638.62	2451.88	28	16	-1	37.5	10.4
T_1227	480117.44	8444638.03	2449	45	11	-1	37.5	9.8
T_1227	480118.02	8444637.45	2446.12	55	9	-1	37.5	10.2
T_1227	480118.6	8444636.87	2443.23	80	5	-1	37.5	9.9
T_1227	480119.19	8444636.28	2440.35	74	6	-1	37.5	9.9
T_1227	480119.77	8444635.7	2437.46	73	7	-1	37.5	10.8
T_1227	480120.36	8444635.11	2434.58	67	7	-1	37.5	9.8
T_1227	480120.94	8444634.53	2431.7	31	10	-1	37.5	9.1
T_1227	480121.53	8444633.94	2428.81	69	5	-1	37.5	10.4
T_1227	480122.11	8444633.36	2425.93	67	6	-1	37.5	10.8
T_1227	480122.68	8444632.76	2423.04	25	13	-1	37.5	9.5
T_1227	480123.24	8444632.14	2420.16	42	10	-1	37.5	9.5
T_1227	480123.79	8444631.53	2417.28	80	5	-1	37.5	10.9
T_1227	480124.34	8444630.91	2414.39	34	14	-1	37.5	10.4
T_1227	480124.9	8444630.3	2411.51	66	5	-1	37.5	9.1
T_1227	480125.45	8444629.68	2408.63	36	10	-1	37.5	10.2
T_1227	480126	8444629.07	2405.74	73	5	-1	37.5	10.3
T_1227	480126.56	8444628.46	2402.86	24	11	-1	37.5	10.2
T_1227	480127.11	8444627.84	2399.97	8	17	-1	37.5	9.9
T_1227	480127.66	8444627.23	2397.09	39	10	-1	37.5	9.4
T_1227	480128.21	8444626.61	2394.21	16	14	-1	37.5	10.5
T_1227	480128.77	8444626	2391.32	76	5	-1	37.5	10.3
T_1227	480129.32	8444625.38	2388.44	79	4	-1	50	10.8
T_1227	480129.87	8444624.77	2385.56	75	5	-1	50	9.1
T_1227	480130.43	8444624.15	2382.67	65	6	-1	50	10
T_1227	480130.98	8444623.54	2379.79	41	9	-1	50	9.8
T_1227	480131.44	8444623.03	2377.39	16	15	-1	37.5	11
T_1227	480131.72	8444622.71	2375.95	16	15	-1	37.5	10
T_1227	480132.12	8444622.28	2374.03	19	17	-1	37.5	10.7
T_1227	480132.7	8444621.63	2371.16	1	17	-1	37.5	10.6
T_1227	480133.29	8444620.98	2368.3	1	19	-1	37.5	11
T_1227	480133.88	8444620.32	2365.43	48	8	-1	37.5	9.1
T_1227	480134.46	8444619.67	2362.56	54	8	-1	37.5	10.4
T_1227	480135.05	8444619.02	2359.69	26	12	-1	37.5	9.3
T_1227	480135.64	8444618.37	2356.82	42	10	-1	37.5	9
T_1227	480136.22	8444617.72	2353.95	48	9	-1	37.5	10.1
T_1227	480136.81	8444617.07	2351.08	44	8	-1	37.5	9.8
T_1227	480137.4	8444616.41	2348.21	62	5	-1	37.5	9.5
T_1227	480137.99	8444615.76	2345.34	73	6	-1	37.5	10.4
T_1228	479810.92	8444226.97	2464.23	56	8	17	75	10
T_1228	479812.22	8444225.67	2461.86	-1	-1	17	75	11
T_1228	479813.53	8444224.36	2459.5	25	15	17	75	10.5
T_1228	479814.83	8444223.06	2457.14	29	15	17	75	10.4
T_1228	479816.14	8444221.75	2454.77	51	10	17	75	9.7
T_1228	479817.45	8444220.44	2452.41	52	10	18	75	10.6
T_1228	479818.75	8444219.14	2450.04	77	5	19	75	11
T_1228	479820.06	8444217.83	2447.68	79	5	18	75	9.3
T_1228	479821.36	8444216.53	2445.32	77	5	18	75	9.4
T_1228	479822.67	8444215.22	2442.95	84	4	17	75	10.4
T_1228	479823.98	8444213.91	2440.59	55	10	16	50	10.6
T_1228	479825.28	8444212.61	2438.22	60	9	17	50	10.9
T_1228	479826.59	8444211.3	2435.86	80	5	16	50	10.1
T_1228	479827.46	8444210.43	2434.28	82	3	18	50	10.7
T_1228	479828.08	8444209.75	2433.1	82	3	18	50	10.1
T_1228	479829.09	8444208.59	2431.13	43	12	18	50	10.9
T_1228	479830.3	8444207.19	2428.77	45	11	17	75	10.7
T_1228	479831.51	8444205.8	2426.4	40	13	18	75	10.4
T_1228	479832.73	8444204.41	2424.04	33	14	17	75	9.7
T_1228	479833.94	8444203.01	2421.68	47	12	17	75	10.1
T_1228	479835.15	8444201.62	2419.31	62	8	17	75	10.6
T_1228	479836.36	8444200.22	2416.95	64	8	17	75	9.5
T_1228	479837.57	8444198.83	2414.58	44	11	17	75	9.2
T_1228	479838.78	8444197.44	2412.22	54	10	17	75	10.5
T_1228	479840	8444196.04	2409.86	52	10	17	75	10.8
T_1228	479841.21	8444194.65	2407.49	62	8	18	75	10
T_1228	479842.42	8444193.25	2405.13	74	6	17	75	9.9

T_1228	479843.63	8444191.86	2402.76	83	4	18	75	9.6
T_1228	479844.84	8444190.47	2400.4	71	7	17	75	9.4
T_1228	479846.05	8444189.07	2398.03	81	5	17	75	10.7
T_1228	479847.27	8444187.68	2395.67	39	13	18	75	10.1
T_1228	479848.48	8444186.26	2393.32	69	7	17	75	10.2
T_1228	479849.69	8444184.81	2390.99	81	4	17	75	10.1
T_1228	479850.91	8444183.37	2388.66	79	5	17	75	9.4
T_1228	479852.12	8444181.92	2386.33	66	8	17	75	9.7
T_1228	479853.33	8444180.47	2384	79	5	17	75	10.9
T_1228	479854.55	8444179.03	2381.67	62	8	17	75	9.9
T_1228	479855.76	8444177.58	2379.33	65	7	17	75	9.3
T_1228	479856.97	8444176.13	2377	91	2	17	50	9.7
T_1228	479858.19	8444174.69	2374.67	53	10	17	50	11
T_1228	479859.4	8444173.24	2372.34	89	3	17	50	10.1
T_1228	479860.61	8444171.8	2370.01	95	2	17	50	10.5
T_1228	479861.83	8444170.35	2367.68	97	2	18	75	9.5
T_1228	479863.04	8444168.9	2365.35	80	5	18	75	10.5
T_1228	479864.26	8444167.46	2363.01	76	5	17	50	9.1
T_1228	479865.47	8444166.01	2360.68	97	2	18	75	9.6
T_1228	479866.68	8444164.56	2358.35	84	4	18	75	9.9
T_1228	479867.69	8444163.36	2356.41	80	4	18	75	9.7
T_1228	479868.3	8444162.63	2355.25	80	4	18	75	10.2
T_1228	479869.13	8444161.65	2353.72	84	3	18	75	9.8
T_1228	479870.37	8444160.17	2351.42	74	6	18	75	10.1
T_1228	479871.61	8444158.69	2349.12	60	9	18	75	10.4
T_1228	479872.85	8444157.21	2346.82	15	18	18	75	9.8
T_1228	479874.09	8444155.74	2344.52	51	10	17	75	10.4
T_1228	479875.33	8444154.26	2342.23	80	5	17	75	10.8
T_1228	479876.57	8444152.78	2339.93	97	2	17	75	9
T_1228	479877.81	8444151.31	2337.63	93	2	17	75	9.1
T_1228	479879.05	8444149.83	2335.33	94	2	18	75	10.9
T_1228	479880.29	8444148.35	2333.03	85	4	18	75	9.3
T_1228	479881.53	8444146.87	2330.74	84	4	17	75	9.9
T_1229	479545.91	8444064.93	2447.74	70	6	17	75	10.2
T_1229	479545.14	8444065.62	2446.03	50	10	17	75	11
T_1229	479544.57	8444066.14	2444.74	50	10	17	75	9.5
T_1229	479543.61	8444067	2442.6	77	4	17	75	9.8
T_1229	479542.46	8444068.03	2440.03	62	7	17	75	10.7
T_1229	479541.31	8444069.07	2437.46	67	6	17	75	10.4
T_1229	479540.17	8444070.1	2434.89	64	7	17	75	10.9
T_1229	479539.02	8444071.14	2432.31	62	8	17	75	10.6
T_1229	479537.87	8444072.17	2429.74	44	11	17	75	9.9
T_1229	479536.72	8444073.2	2427.17	66	7	17	75	10.1
T_1229	479535.57	8444074.24	2424.6	53	10	17	50	10.2
T_1229	479534.42	8444075.27	2422.03	58	8	17	50	10.1
T_1229	479533.28	8444076.31	2419.46	58	8	17	50	10.1
T_1229	479532.13	8444077.34	2416.88	59	8	18	75	9
T_1229	479530.98	8444078.37	2414.31	64	7	17	75	9.4
T_1229	479529.83	8444079.41	2411.74	63	7	17	75	9.1
T_1229	479528.68	8444080.44	2409.17	60	8	17	75	9.6
T_1229	479527.53	8444081.47	2406.6	78	5	17	75	9.2
T_1229	479526.39	8444082.51	2404.03	60	8	17	75	9.6
T_1229	479525.22	8444083.56	2401.47	81	3	17	75	10.8
T_1229	479524.04	8444084.62	2398.93	41	12	17	75	10.7
T_1229	479522.86	8444085.68	2396.38	65	7	16	75	10
T_1229	479521.68	8444086.75	2393.84	74	5	17	75	10.8
T_1229	479520.5	8444087.81	2391.29	69	6	18	75	10.2
T_1229	479519.31	8444088.88	2388.75	81	4	17	75	10.4
T_1229	479518.13	8444089.94	2386.2	78	4	16	75	10.1
T_1229	479516.95	8444091	2383.66	51	10	17	75	11
T_1229	479515.77	8444092.07	2381.12	84	3	16	75	10.8
T_1229	479514.59	8444093.13	2378.57	92	3	17	75	10.3
T_1229	479513.41	8444094.19	2376.03	69	6	17	75	9.7
T_1229	479512.23	8444095.26	2373.48	94	2	18	75	10
T_1229	479511.04	8444096.32	2370.94	85	3	17	75	10.5
T_1229	479509.86	8444097.39	2368.4	80	4	17	75	9.3
T_1229	479508.68	8444098.45	2365.85	95	2	17	75	9.1
T_1229	479507.5	8444099.51	2363.31	86	3	17	75	9.8

T_1229	479506.52	8444100.4	2361.19	78	5	18	75	9
T_1229	479505.93	8444100.94	2359.92	78	5	18	75	9.2
T_1229	479505.14	8444101.7	2358.24	47	11	17	75	10.9
T_1229	479503.97	8444102.84	2355.73	70	7	16	37.5	10.3
T_1229	479502.79	8444103.97	2353.21	8	19	15	3	9.6
T_1229	479501.62	8444105.11	2350.69	63	8	13	15	10.5
T_1229	479500.44	8444106.24	2348.18	50	11	15	37.5	10.9
T_1229	479499.27	8444107.38	2345.66	66	7	17	50	10.6
T_1229	479498.09	8444108.51	2343.15	48	10	17	75	10.7
T_1229	479496.92	8444109.65	2340.63	74	5	16	75	9.7
T_1229	479495.74	8444110.78	2338.11	65	7	16	75	9.7
T_1229	479494.56	8444111.92	2335.6	74	5	17	75	10.1
T_1229	479493.39	8444113.05	2333.08	87	3	17	75	9.2
T_1229	479492.21	8444114.19	2330.57	75	5	16	75	10.9
T_1229	479491.04	8444115.32	2328.05	83	4	17	75	9.7
T_1229	479489.86	8444116.46	2325.53	51	10	16	50	10
T_1229	479488.69	8444117.59	2323.02	87	4	17	50	10.1
T_1229	479487.51	8444118.73	2320.5	60	9	17	50	9.2
T_1229	479486.73	8444119.48	2318.82	55	10	16	37.5	10.2
T_1229	479486.15	8444120.06	2317.57	55	10	16	37.5	9.6
T_1229	479485.19	8444121.02	2315.47	69	7	16	37.5	9.6
T_1229	479484.03	8444122.17	2312.95	48	11	16	37.5	10.3
T_1229	479482.87	8444123.33	2310.44	50	11	17	50	10
T_1229	479481.72	8444124.49	2307.92	50	10	16	75	9.1
T_1229	479480.56	8444125.64	2305.41	48	11	16	75	9.6
T_1229	479479.41	8444126.8	2302.89	60	8	16	75	10.4
T_1229	479478.25	8444127.95	2300.37	51	10	17	75	10
T_1229	479477.1	8444129.11	2297.86	47	11	17	75	10
T_1229	479475.94	8444130.26	2295.34	36	13	16	75	10.7
T_1229	479474.79	8444131.42	2292.83	57	10	16	75	10.1
T_1229	479473.63	8444132.57	2290.31	85	4	16	50	10.3
T_1229	479472.48	8444133.73	2287.79	95	2	17	75	10.9
T_1229	479471.32	8444134.88	2285.28	90	3	17	75	9.8
T_1229	479470.17	8444136.04	2282.76	86	3	17	75	10.8
T_1229	479469.01	8444137.19	2280.25	87	3	17	75	9.7
T_1229	479467.85	8444138.35	2277.73	86	3	18	75	10.8
T_1229	479466.7	8444139.52	2275.22	81	5	16	75	10.2
T_1229	479465.55	8444140.71	2272.72	85	3	17	75	10.2
T_1229	479464.4	8444141.91	2270.22	81	4	17	75	9.2
T_1229	479463.25	8444143.1	2267.72	24	16	16	50	10.1
T_1229	479462.1	8444144.29	2265.21	-1	-1	16	50	10
T_1229	479460.95	8444145.48	2262.71	35	13	17	75	9.7
T_1229	479459.8	8444146.67	2260.21	32	14	17	75	9.3
T_1229	479458.65	8444147.86	2257.71	36	13	17	75	9.6
T_1229	479457.5	8444149.05	2255.21	13	18	17	75	9.9
T_1229	479456.35	8444150.24	2252.71	4	19	17	75	9.5
T_1229	479455.2	8444151.43	2250.2	-1	-1	17	75	9
T_1229	479454.05	8444152.63	2247.7	4	20	17	75	9.6
T_1229	479452.9	8444153.82	2245.2	7	19	17	75	9.9
T_1229	479452.13	8444154.61	2243.53	-1	-1	17	75	10.4
T_1230	480032.77	8444499.2	2430.76	89	3	17	75	10.3
T_1230	480032.06	8444499.91	2429.03	71	7	17	75	9.4
T_1230	480031.48	8444500.5	2427.78	71	7	17	75	9.7
T_1230	480030.49	8444501.53	2425.73	80	4	17	75	9.5
T_1230	480029.29	8444502.77	2423.27	78	5	17	75	9.2
T_1230	480028.1	8444504.01	2420.82	73	6	18	75	10
T_1230	480026.9	8444505.25	2418.36	95	3	17	75	9.3
T_1230	480025.71	8444506.48	2415.9	58	9	16	75	10.9
T_1230	480024.51	8444507.72	2413.44	87	3	17	75	10.6
T_1230	480023.32	8444508.96	2410.99	81	4	17	75	9.5
T_1230	480022.12	8444510.2	2408.53	76	5	17	75	9.9
T_1230	480020.93	8444511.43	2406.07	74	6	17	75	10.6
T_1230	480019.73	8444512.67	2403.61	91	3	17	75	9.4
T_1230	480018.53	8444513.91	2401.16	93	2	18	75	10.2
T_1230	480017.34	8444515.15	2398.7	87	3	17	75	10.7
T_1230	480016.14	8444516.39	2396.24	96	2	17	75	10.6
T_1230	480014.95	8444517.62	2393.78	89	3	17	75	9.1
T_1230	480013.75	8444518.86	2391.33	76	4	17	75	10.6

T_1230	480012.56	8444520.1	2388.87	67	7	17	75	10.3
T_1230	480011.35	8444521.35	2386.43	78	5	17	75	10.3
T_1230	480010.12	8444522.62	2384	77	4	17	75	9.3
T_1230	480008.9	8444523.89	2381.57	65	7	17	75	10.5
T_1230	480007.67	8444525.16	2379.15	79	5	16	75	9.1
T_1230	480006.45	8444526.43	2376.72	78	5	17	75	9.4
T_1230	480005.22	8444527.69	2374.29	62	8	17	75	10.2
T_1230	480004	8444528.96	2371.87	70	6	16	75	9.4
T_1230	480002.77	8444530.23	2369.44	70	6	17	75	10.8
T_1230	480001.55	8444531.5	2367.01	36	12	17	75	9.7
T_1230	480000.32	8444532.77	2364.58	51	10	17	75	10.2
T_1230	479999.1	8444534.04	2362.16	60	8	16	75	10.9
T_1230	479997.87	8444535.3	2359.73	85	3	16	75	10.3
T_1230	479996.65	8444536.57	2357.3	65	7	17	75	10
T_1230	479995.42	8444537.84	2354.88	56	9	17	75	9.2
T_1230	479994.2	8444539.11	2352.45	24	15	17	75	9.4
T_1230	479992.97	8444540.38	2350.02	33	14	17	75	10.3
T_1230	479991.95	8444541.44	2348	24	16	17	75	10.7
T_1230	479991.34	8444542.08	2346.79	24	16	17	75	9.7
T_1230	479990.54	8444542.98	2345.19	28	15	17	75	9.7
T_1230	479989.33	8444544.32	2342.8	34	13	17	75	9.6
T_1230	479988.12	8444545.66	2340.4	20	16	16	75	9.3
T_1230	479986.91	8444547	2338.01	34	13	17	75	10.3
T_1230	479985.71	8444548.34	2335.61	38	12	17	75	10.5
T_1230	479984.5	8444549.68	2333.21	33	14	17	75	10.7
T_1230	479983.29	8444551.03	2330.82	46	11	16	75	10.3
T_1230	479971.61	8444564	2307.66	40	12	17	75	10.2
T_1230	479971.01	8444564.69	2306.47	40	12	17	75	9.6
T_1230	479970.03	8444565.87	2304.5	53	10	17	75	9.2
T_1230	479968.84	8444567.29	2302.14	41	12	17	75	9.6
T_1230	479967.65	8444568.7	2299.77	19	16	17	75	9.4
T_1230	479966.46	8444570.12	2297.41	37	13	18	75	10.9
T_1230	479965.28	8444571.53	2295.04	46	11	17	75	9.5
T_1230	479964.09	8444572.95	2292.68	34	13	17	75	9.6
T_1230	479962.9	8444574.36	2290.32	32	14	16	75	10.7
T_1230	479961.71	8444575.77	2287.95	62	8	16	75	9.8
T_1230	479960.53	8444577.19	2285.59	33	14	17	75	9.5
T_1230	479956.97	8444581.43	2278.5	6	19	16	37.5	10.6
T_1230	479955.78	8444582.85	2276.13	4	20	16	37.5	10.6
T_1230	479954.79	8444584.03	2274.16	-1	-1	17	37.5	9.3
T_1232	479900.96	8444418.91	2449.92	54	10	17	100	9.9
T_1232	479900.32	8444419.55	2446.96	85	3	18	100	9.4
T_1232	479899.82	8444420.06	2444.62	51	8	17	50	10.4
T_1232	479899.48	8444420.37	2443.19	51	8	17	50	9
T_1232	479898.96	8444420.81	2441.2	26	13	17	50	10.1
T_1232	479898.19	8444421.44	2438.32	66	7	17	75	10
T_1232	479897.43	8444422.08	2435.43	95	2	18	75	9.7
T_1232	479896.67	8444422.72	2432.55	74	6	17	75	9
T_1232	479895.91	8444423.36	2429.67	92	3	18	75	10.4
T_1232	479895.15	8444424	2426.78	85	4	18	75	10.5
T_1232	479894.39	8444424.64	2423.9	85	4	18	75	10.1
T_1232	479893.63	8444425.27	2421.02	71	7	17	75	10.2
T_1232	479892.87	8444425.91	2418.13	19	15	17	50	10.1
T_1232	479892.11	8444426.55	2415.25	72	5	18	100	10.7

Anexo J

Valores de RMR calculados a partir de parámetros originales (RMR_A) y a partir de parámetros corregidos (RMR_B)

Coordenadas			RMR_A	RMR_B
X	Y	Z		
479231.2	8444042.72	2255.71	28	39
479231.82	8444042.05	2254.68	37	39
479232.48	8444041.33	2253.58	35	19
479233.16	8444040.59	2252.44	28	35
479233.85	8444039.84	2251.3	33	33
479234.53	8444039.1	2250.16	28	28
479235.22	8444038.35	2249.01	33	35
479235.92	8444037.59	2247.83	35	30
479236.63	8444036.82	2246.66	28	30
479237.32	8444036.07	2245.51	28	30
479238	8444035.33	2244.37	33	25
479238.68	8444034.58	2243.23	35	30
479239.37	8444033.84	2242.09	33	28
479240.05	8444033.09	2240.95	30	35
478956.79	8444161.91	2201.64	22	22
478956.79	8444161.91	2198.59	22	22
478956.79	8444161.91	2176.49	22	22
478956.79	8444161.91	2173.44	22	33
478956.79	8444161.91	2171.94	18	25
478956.79	8444161.91	2163.54	22	25
478956.79	8444161.91	2160.49	18	42
478956.79	8444161.91	2157.44	30	38
478956.79	8444161.91	2125.44	22	27
479565.34	8444105.53	2169.61	25	35
479565.92	8444104.91	2168.2	22	25
479566.47	8444104.33	2166.87	25	25
479567.35	8444103.42	2164.77	25	28
479568.48	8444102.22	2162.03	23	23
479569.02	8444101.66	2160.75	25	33
479569.64	8444101	2159.25	30	35
479570.55	8444100.05	2157.07	30	35
479571.26	8444099.3	2155.35	25	35
479573.08	8444097.39	2151.9	30	35
479574.15	8444096.26	2150.01	30	30
479279.5	8444124.94	2313	35	39
479279.85	8444124.57	2312.35	35	35
479280.41	8444123.95	2311.29	35	39
479281.03	8444123.28	2310.13	41	39
479281.65	8444122.61	2308.97	35	35

479282.27	8444121.94	2307.81	41	35
479282.75	8444121.42	2306.91	39	35
479283.29	8444120.84	2305.91	41	39
479283.87	8444120.2	2304.81	41	38
479284.44	8444119.59	2303.75	41	35
479284.82	8444119.18	2303.04	39	33
479285.13	8444118.84	2302.45	35	33
479285.69	8444118.23	2301.41	30	33
479286.63	8444117.21	2299.64	41	25
479287.68	8444116.07	2297.68	49	33
479288.6	8444115.08	2295.97	39	38
479289.83	8444113.74	2293.65	39	35
479290.98	8444112.5	2291.51	33	35
479292.12	8444111.26	2289.37	33	25
479293.42	8444109.85	2286.94	33	25
479294.18	8444109.04	2285.52	25	22
479294.85	8444108.31	2284.27	35	35
479295.98	8444107.08	2282.14	41	39
479297.2	8444105.76	2279.87	39	35
479298.05	8444104.84	2278.28	41	35
479298.51	8444104.34	2277.41	44	28
479299.16	8444103.64	2276.19	41	25
479299.66	8444103.09	2275.25	54	33
479299.93	8444102.81	2274.76	39	35
479300.26	8444102.44	2274.13	41	30
479300.69	8444101.98	2273.33	41	30
479300.98	8444101.67	2272.8	54	25
479301.11	8444101.52	2272.54	41	30
479301.28	8444101.34	2272.23	54	35
479301.54	8444101.06	2271.77	54	28
479301.87	8444100.7	2271.2	44	25
479302.4	8444100.13	2270.28	33	35
479303.35	8444099.1	2268.65	41	39
479304.36	8444098	2266.9	41	41
479305.19	8444097.11	2265.47	41	41
479305.67	8444096.58	2264.64	41	41
479306	8444096.22	2264.07	39	35
479306.47	8444095.71	2263.25	39	35
479307.4	8444094.71	2261.65	39	41
479308.83	8444093.16	2259.18	39	44
479309.96	8444091.93	2257.22	41	35
479310.87	8444090.95	2255.66	39	39
479311.51	8444090.25	2254.55	51	22
479311.82	8444089.92	2254.02	39	30
479312.44	8444089.25	2252.95	41	30

479313.45	8444088.15	2251.21	39	35
479314.31	8444087.21	2249.71	33	30
479314.98	8444086.49	2248.56	33	44
479316.06	8444085.32	2246.69	39	42
479317.43	8444083.84	2244.34	37	30
479318.79	8444082.36	2241.98	33	30
479319.93	8444081.13	2240.02	28	30
479321.97	8444078.92	2236.5	35	30
479322.52	8444078.33	2235.55	35	30
479323.11	8444077.68	2234.53	35	30
479323.58	8444077.17	2233.67	35	30
479324.12	8444076.59	2232.64	41	22
479324.92	8444075.72	2231.09	41	22
479326.03	8444074.52	2228.97	41	30
479739.94	8444653.44	2348.96	22	30
479741.18	8444652.13	2346.82	30	30
479742.27	8444650.98	2344.95	30	30
479742.93	8444650.27	2343.8	30	25
479743.6	8444649.57	2342.65	30	25
479744.28	8444648.84	2341.47	30	22
479744.97	8444648.12	2340.29	30	30
479745.63	8444647.41	2339.14	35	30
479746.05	8444646.97	2338.41	47	25
479747.11	8444645.84	2336.58	30	25
479747.67	8444645.25	2335.62	35	22
479748.33	8444644.55	2334.48	37	25
479749	8444643.85	2333.33	30	35
479750.01	8444642.77	2331.57	30	35
479751.36	8444641.34	2329.24	30	25
479752.71	8444639.9	2326.91	30	25
479754.06	8444638.47	2324.58	22	30
479755.41	8444637.04	2322.25	22	25
479756.63	8444635.75	2320.15	22	25
479757.31	8444635.03	2319.03	22	25
479758.25	8444634.04	2317.78	22	22
479761.34	8444630.76	2313.66	30	30
479762.5	8444629.53	2312.11	22	22
479763.26	8444628.73	2311.09	30	22
479764.42	8444627.49	2309.54	30	25
479765.96	8444625.86	2307.48	22	47
479767.51	8444624.22	2305.42	22	38
479769.05	8444622.59	2303.36	25	33
479770.59	8444620.95	2301.3	30	44
479775.63	8444615.61	2294.57	33	38
479776.77	8444614.41	2293.05	33	38

479778.31	8444612.77	2290.99	33	38
479779.85	8444611.14	2288.93	33	38
479781.4	8444609.5	2286.87	33	22
479783.1	8444607.7	2284.62	20	38
479784.5	8444606.21	2282.78	20	42
479786.05	8444604.56	2280.74	28	38
479787.61	8444602.91	2278.7	30	38
479789.16	8444601.27	2276.65	35	33
479790.72	8444599.62	2274.61	35	33
479792.27	8444597.97	2272.57	30	33
479793.83	8444596.32	2270.53	30	30
479797.37	8444592.56	2265.88	28	35
479798.5	8444591.37	2264.41	33	35
479800.05	8444589.72	2262.37	20	35
479803.16	8444586.43	2258.29	30	30
479804.69	8444584.8	2256.28	30	27
479806.25	8444583.16	2254.24	30	30
479807.83	8444581.48	2252.16	25	25
479809.38	8444579.83	2250.12	25	25
479810.94	8444578.18	2248.08	23	38
479814.05	8444574.89	2244	25	38
479815.6	8444573.24	2241.96	28	38
479817.16	8444571.59	2239.92	28	33
479818.71	8444569.94	2237.88	32	38
479820.27	8444568.29	2235.84	32	42
479828.05	8444560.05	2225.63	22	38
479829.6	8444558.4	2223.59	33	38
479896.18	8444487.82	2131.19	20	38
479897.7	8444486.21	2129.09	23	42
479899.22	8444484.6	2126.99	19	27
479900.74	8444482.99	2124.89	23	20
479902.25	8444481.38	2122.79	20	33
479906.81	8444476.55	2116.49	33	28
479907.73	8444475.58	2115.22	33	28
479908.52	8444474.74	2114.17	33	25
479909.89	8444473.28	2112.37	20	28
479911.45	8444471.64	2110.33	20	28
479913	8444469.99	2108.29	37	23
479914.56	8444468.34	2106.25	28	37
479916.11	8444466.69	2104.2	33	35
479917.64	8444465.07	2102.2	28	30
479919.2	8444463.42	2100.16	23	22
479920.75	8444461.77	2098.12	23	23
479922.31	8444460.12	2096.07	20	28
479923.87	8444458.47	2094.03	28	28

479925.42	8444456.82	2091.99	33	28
479926.98	8444455.18	2089.95	20	22
479928.53	8444453.53	2087.91	28	33
479930.11	8444451.85	2085.84	23	33
479931.67	8444450.2	2083.8	23	28
479932.92	8444448.88	2082.16	28	28
479933.68	8444448.07	2081.15	28	37
479936.31	8444445.28	2077.71	19	33
479942.53	8444438.69	2069.54	23	28
479944.08	8444437.04	2067.5	20	39
479945.64	8444435.39	2065.46	20	35
479947.2	8444433.74	2063.42	28	28
479948.75	8444432.09	2061.38	30	22
479950.31	8444430.44	2059.34	30	30
479953.42	8444427.15	2055.26	30	35
479954.97	8444425.5	2053.22	30	30
479956.5	8444423.88	2051.21	30	25
479958.06	8444422.23	2049.17	35	30
479958.87	8444421.36	2048.1	28	30
479959.64	8444420.55	2047.09	28	35
479961.17	8444418.93	2045.09	28	35
479776.99	8444480.73	2394.78	20	35
479779.95	8444477.92	2390.66	25	25
479781.13	8444476.81	2389.02	22	22
479782.69	8444475.33	2386.86	22	35
479784.17	8444473.92	2384.8	22	30
479785.65	8444472.52	2382.74	27	25
479787.2	8444471.04	2380.57	22	30
479788.99	8444469.35	2378.08	20	30
479790.78	8444467.65	2375.6	19	35
479792.59	8444465.93	2373.07	32	35
479795.7	8444462.98	2368.74	30	35
479797.57	8444461.21	2366.15	19	35
479806.97	8444452.28	2354.39	28	35
479808.72	8444450.62	2352.22	28	41
479810.45	8444448.98	2350.08	39	39
479812.09	8444447.42	2348.04	27	35
479813.52	8444446.07	2346.26	32	25
479841.38	8444419.63	2309.76	33	30
479846.73	8444414.55	2302.5	30	22
479848.78	8444412.61	2299.73	20	30
479850.46	8444411.02	2297.46	28	20
479852.07	8444409.49	2295.37	20	28
479853.71	8444407.93	2293.33	20	28
479855.36	8444406.37	2291.28	28	28

479860.26	8444401.71	2285.2	22	28
479863.58	8444398.57	2281.08	23	33
479882.74	8444380.38	2257.29	25	23
479534.23	8445124.65	2352.75	25	28
479535.56	8445123.48	2350.99	25	22
479540.44	8445119.18	2344.54	23	22
479542.06	8445117.75	2342.39	20	22
479543.68	8445116.32	2340.25	22	22
479545.31	8445114.89	2338.1	20	22
479551.81	8445109.16	2329.51	30	22
479553.43	8445107.73	2327.36	25	22
479555.06	8445106.3	2325.21	23	22
479555.96	8445105.5	2324.01	30	22
479556.79	8445104.77	2323	30	22
479558.41	8445103.34	2321.06	20	22
479560.11	8445101.84	2319.02	22	22
479561.81	8445100.34	2316.98	25	22
479563.51	8445098.85	2314.94	25	22
479565.21	8445097.35	2312.9	23	22
479566.91	8445095.85	2310.86	30	22
479568.61	8445094.35	2308.82	25	22
479570.31	8445092.85	2306.78	28	22
479572.01	8445091.35	2304.74	35	22
479573.71	8445089.85	2302.7	20	22
479575.41	8445088.36	2300.65	30	22
479577.12	8445086.86	2298.61	28	22
479578.82	8445085.36	2296.57	28	22
479581.91	8445082.63	2292.86	20	22
479583.19	8445081.5	2291.32	25	22
479584.03	8445080.76	2290.32	25	22
479585.01	8445079.9	2289.16	22	22
479586.73	8445078.39	2287.14	22	22
479588.44	8445076.88	2285.12	20	20
479590.15	8445075.37	2283.1	20	20
479591.87	8445073.86	2281.07	22	20
479593.58	8445072.35	2279.05	20	20
479671.16	8445003.97	2188.73	20	22
479672.87	8445002.46	2186.71	20	20
479674.59	8445000.95	2184.69	20	20
479676.3	8444999.44	2182.67	20	22
479678.02	8444997.93	2180.65	20	22
479679.7	8444996.45	2178.66	20	22
479681.41	8444994.94	2176.64	20	22
479682.55	8444993.93	2175.3	20	22
479683.42	8444993.17	2174.27	22	22

479684.87	8444991.89	2172.56	22	22
479686.58	8444990.38	2170.54	22	22
479688.3	8444988.87	2168.52	22	22
479690.01	8444987.36	2166.5	22	22
479691.73	8444985.85	2164.48	22	22
479693.44	8444984.34	2162.46	22	22
479695.15	8444982.83	2160.44	20	22
479696.36	8444981.76	2159.01	19	22
479697.03	8444981.18	2158.21	19	22
479698.34	8444980.02	2156.57	20	22
479700.21	8444978.37	2154.25	22	22
479701.72	8444977.04	2152.38	22	28
479702.54	8444976.32	2151.35	22	30
479703.56	8444975.42	2150.09	22	35
479705.23	8444973.95	2148.01	22	39
479706.99	8444972.4	2145.83	22	39
479708.58	8444971	2143.85	22	57
479710.25	8444969.52	2141.77	22	47
479711.92	8444968.05	2139.69	22	44
479713.6	8444966.57	2137.61	22	39
479715.27	8444965.1	2135.53	22	44
479716.94	8444963.62	2133.45	22	54
479718.62	8444962.15	2131.37	22	44
479719.77	8444961.13	2129.94	22	39
479721.55	8444959.56	2127.72	22	54
479722.38	8444958.84	2126.7	22	35
479723.47	8444957.87	2125.33	22	41
479725.16	8444956.39	2123.27	22	39
479727.01	8444954.75	2121	22	54
479728.7	8444953.27	2118.94	22	44
479729.88	8444952.22	2117.49	22	44
479730.74	8444951.46	2116.44	22	39
479733.76	8444948.81	2112.76	22	35
479735.44	8444947.32	2110.7	22	27
479742.19	8444941.37	2102.46	22	35
479743.88	8444939.89	2100.4	22	44
479745.57	8444938.4	2098.34	22	54
479747.25	8444936.91	2096.28	20	49
479748.94	8444935.43	2094.22	22	41
479750.63	8444933.94	2092.16	22	35
479752.48	8444932.31	2089.89	22	41
479754	8444930.97	2088.03	20	41
479755.41	8444929.72	2086.31	20	54
479756.24	8444928.99	2085.3	22	54
479756.79	8444928.5	2084.62	20	54

479757.65	8444927.75	2083.58	22	41
479759.06	8444926.51	2081.85	22	54
479760.45	8444925.29	2080.16	22	44
479761.3	8444924.53	2079.12	22	47
479762.44	8444923.53	2077.73	20	44
479763.83	8444922.3	2076.03	20	39
479764.69	8444921.55	2074.98	22	41
479765.81	8444920.56	2073.61	22	35
479767.5	8444919.07	2071.55	22	35
479769.18	8444917.58	2069.49	22	41
479770.87	8444916.1	2067.43	22	49
479771.94	8444915.16	2066.13	22	41
479772.77	8444914.43	2065.11	22	44
479774.25	8444913.12	2063.31	22	41
479775.93	8444911.64	2061.25	22	54
479777.62	8444910.15	2059.19	22	44
479778.97	8444908.96	2057.53	22	41
479779.81	8444908.22	2056.52	22	41
479780.98	8444907.19	2055.12	20	44
479230.31	8444043.73	2254.69	22	42
479230.31	8444043.73	2253.54	22	39
479230.31	8444043.73	2252.12	22	41
479230.31	8444043.73	2250.9	22	54
479230.31	8444043.73	2250.07	22	41
479230.31	8444043.73	2249.04	22	33
479230.31	8444043.73	2247.52	22	41
479230.31	8444043.73	2245.92	22	52
479230.31	8444043.73	2244.34	22	54
479230.31	8444043.73	2242.82	22	41
479230.31	8444043.73	2241.57	22	35
479230.31	8444043.73	2240.87	37	44
479230.31	8444043.73	2240.49	22	41
479230.31	8444043.73	2239.74	22	39
479230.31	8444043.73	2238.4	22	42
479230.31	8444043.73	2236.84	22	52
479230.31	8444043.73	2235.69	22	39
479230.31	8444043.73	2234.54	22	41
479230.31	8444043.73	2232.99	22	44
479230.31	8444043.73	2231.47	22	42
479230.31	8444043.73	2230.34	22	54
479230.31	8444043.73	2229.17	22	41
479230.31	8444043.73	2227.65	22	39
479230.31	8444043.73	2226.15	22	44
479277.88	8444126.66	2308.04	22	44
479277.88	8444126.66	2306.59	35	39

479277.88	8444126.66	2304.69	39	54
479277.88	8444126.66	2304.09	30	35
479277.88	8444126.66	2303.29	35	30
479277.88	8444126.66	2302.23	42	30
479277.88	8444126.66	2301.14	42	30
479277.88	8444126.66	2299.76	42	30
479277.88	8444126.66	2298.34	42	30
479277.88	8444126.66	2297.36	38	30
479277.88	8444126.66	2296.54	38	30
479277.88	8444126.66	2294.54	44	30
479277.88	8444126.66	2292.21	42	27
479277.88	8444126.66	2290.94	30	22
479277.88	8444126.66	2289.76	30	30
479277.88	8444126.66	2288.84	35	22
479277.88	8444126.66	2288.36	38	22
479277.88	8444126.66	2286.31	25	22
479277.88	8444126.66	2285.18	35	25
479277.88	8444126.66	2283.86	33	25
479277.88	8444126.66	2281.36	38	20
479277.88	8444126.66	2279.34	38	20
479277.88	8444126.66	2278.16	33	30
479277.88	8444126.66	2276.26	44	27
479277.88	8444126.66	2273.51	40	22
479277.88	8444126.66	2270.71	40	30
479277.88	8444126.66	2268.94	38	20
479277.88	8444126.66	2266.14	23	19
479277.88	8444126.66	2263.31	35	22
479277.88	8444126.66	2260.29	30	30
479277.88	8444126.66	2258.56	30	35
479277.88	8444126.66	2258.16	38	30
479277.88	8444126.66	2257.64	38	37
479277.88	8444126.66	2256.04	25	37
479277.88	8444126.66	2253.61	38	37
479277.88	8444126.66	2250.94	33	30
479277.88	8444126.66	2247.81	38	35
479277.88	8444126.66	2244.84	33	30
479277.88	8444126.66	2241.86	38	37
479277.88	8444126.66	2238.81	33	42
479277.88	8444126.66	2237.23	33	37
479277.88	8444126.66	2235.81	33	37
479277.88	8444126.66	2231.11	25	35
479277.88	8444126.66	2226.98	30	37
479277.88	8444126.66	2225.01	30	22
479277.88	8444126.66	2222.51	30	35
479277.88	8444126.66	2084.33	27	37

479277.88	8444126.66	2079.11	22	37
479277.88	8444126.66	2078.18	22	35
479277.88	8444126.66	2074.86	22	35
479277.88	8444126.66	2069.66	22	37
479277.88	8444126.66	2067.68	22	22
479277.88	8444126.66	2065.11	25	22
479277.88	8444126.66	2062.51	25	22
479277.88	8444126.66	2056.81	25	22
479277.88	8444126.66	2047.41	22	22
479277.88	8444126.66	2043.51	22	22
479277.88	8444126.66	2024.91	22	22
479277.88	8444126.66	2016.93	27	22
479277.88	8444126.66	2014.36	30	22
479277.88	8444126.66	2011.86	20	22
479277.88	8444126.66	2009.31	22	22
479277.88	8444126.66	2006.83	22	22
479277.88	8444126.66	2004.96	22	22
479277.88	8444126.66	2003.93	27	22
479277.88	8444126.66	2002.96	22	22
479277.88	8444126.66	2001.73	36	22
479277.88	8444126.66	2000.18	35	22
479277.88	8444126.66	1998.66	31	22
479277.88	8444126.66	1993.88	35	22
479277.88	8444126.66	1991.63	35	22
479277.88	8444126.66	1988.13	30	22
479277.88	8444126.66	1986.61	30	22
479277.88	8444126.66	1984.61	30	22
479277.88	8444126.66	1981.53	30	22
479277.88	8444126.66	1979.13	30	30
479277.88	8444126.66	1976.61	30	30
479277.88	8444126.66	1973.51	30	30
479277.88	8444126.66	1970.53	30	30
479277.88	8444126.66	1967.91	25	25
479277.88	8444126.66	1965.76	25	25
479277.88	8444126.66	1963.26	25	30
479277.88	8444126.66	1960.18	30	22
479277.88	8444126.66	1957.11	35	30
479277.88	8444126.66	1954.01	35	22
479277.88	8444126.66	1950.91	35	22
479277.88	8444126.66	1947.81	20	22
479277.88	8444126.66	1944.73	25	22
479277.88	8444126.66	1942.46	20	22
479277.88	8444126.66	1938.16	32	30
479277.88	8444126.66	1937.21	32	22
479277.88	8444126.66	1936.41	42	22

479277.88	8444126.66	1934.88	35	22
479277.88	8444126.66	1932.53	35	39
479277.88	8444126.66	1929.48	39	28
479277.88	8444126.66	1927.43	22	33
479277.88	8444126.66	1925.93	27	35
479277.88	8444126.66	1923.41	39	35
479277.88	8444126.66	1921.01	20	28
479277.88	8444126.66	1919.86	44	28
479277.88	8444126.66	1918.26	25	28
479277.88	8444126.66	1915.66	20	28
479277.88	8444126.66	1909.83	20	33
479277.88	8444126.66	1906.86	30	38
479293.07	8443978.64	2257.8	41	38
479291.61	8443980.15	2257.79	39	38
479290.17	8443981.65	2257.78	41	38
479287.12	8443984.82	2257.77	39	42
479288.56	8443983.32	2257.77	39	39
479285.39	8443986.62	2257.76	44	35
479284.28	8443987.77	2257.75	39	44
479282.68	8443989.43	2257.74	41	44
479280.63	8443991.55	2257.73	41	39
479278.83	8443993.43	2257.72	39	35
479277.34	8443994.97	2257.71	41	44
479275.55	8443996.83	2257.7	41	35
479273.42	8443999.04	2257.69	49	49
479270.7	8444001.87	2257.68	44	44
479271.76	8444000.77	2257.68	41	35
479269.41	8444003.2	2257.67	39	41
479267.52	8444005.17	2257.66	41	35
479264.44	8444008.37	2257.65	44	22
479265.89	8444006.86	2257.65	39	28
479263.12	8444009.74	2257.64	39	27
479260.5	8444012.46	2257.63	44	28
479261.12	8444011.81	2257.63	41	35
479262.08	8444010.82	2257.63	49	35
479258.97	8444014.04	2257.62	44	35
479259.86	8444013.13	2257.62	39	35
479257.48	8444015.59	2257.61	44	41
479255.94	8444017.2	2257.6	39	35
479253.18	8444020.06	2257.59	30	30
479254.36	8444018.83	2257.59	41	30
479252.37	8444020.9	2257.58	35	35
479249.49	8444023.89	2257.57	44	41
479250.65	8444022.69	2257.57	41	28
479248.29	8444025.14	2257.56	41	28

479246.23	8444027.28	2257.55	39	33
479246.82	8444026.67	2257.55	35	22
479247.06	8444026.41	2257.55	39	35
479244.13	8444029.46	2257.54	35	27
479245.19	8444028.36	2257.54	41	33
479242.1	8444031.57	2257.53	35	35
479243.09	8444030.54	2257.53	41	41
479241.22	8444032.48	2257.52	54	35
479241.49	8444032.2	2257.52	39	35
479238.39	8444035.42	2257.51	35	35
479236.31	8444037.58	2257.5	35	35
479234.28	8444039.69	2257.49	39	39
479233	8444041.02	2257.48	39	35
479231.89	8444042.17	2257.47	39	35
479018.52	8444103.32	2239.72	22	41
479019.63	8444102.09	2237.16	22	35
479020.75	8444100.86	2234.6	22	35
479021.86	8444099.63	2232.04	22	30
479022.97	8444098.4	2229.48	22	35
479024.08	8444097.17	2226.92	22	37
479025.19	8444095.94	2224.36	22	30
479026.3	8444094.72	2221.8	22	30
479029.03	8444091.69	2215.5	22	35
479029.58	8444091.09	2214.24	22	35
479030.19	8444090.4	2212.81	22	25
479030.76	8444089.78	2211.51	22	25
479031.25	8444089.24	2210.38	20	35
479031.8	8444088.63	2209.12	27	35
479032.36	8444088.01	2207.82	22	25
479032.93	8444087.38	2206.51	22	25
479033.47	8444086.78	2205.25	22	25
479034.02	8444086.17	2203.99	30	25
479034.58	8444085.55	2202.69	22	30
479035.15	8444084.93	2201.39	30	25
479035.67	8444084.34	2200.17	22	22
479035.95	8444084.04	2199.54	22	22
479036.22	8444083.73	2198.86	27	22
479036.76	8444083.14	2197.53	27	22
479037.29	8444082.55	2196.2	27	22
479037.81	8444081.98	2194.91	27	22
479038.33	8444081.4	2193.63	22	22
479038.85	8444080.83	2192.34	27	22
479039.38	8444080.24	2191.01	30	22
479040.09	8444079.46	2189.26	22	22
479040.61	8444078.88	2187.97	27	30

479040.95	8444078.5	2187.11	27	25
479041.49	8444077.91	2185.79	25	25
479042.03	8444077.32	2184.46	30	30
479042.49	8444076.8	2183.3	22	22
479042.75	8444076.51	2182.66	22	22
479043.06	8444076.17	2181.89	22	25
479043.7	8444075.46	2180.3	22	22
479044.44	8444074.64	2178.46	22	22
479045.34	8444073.65	2176.23	22	22
479046.39	8444072.48	2173.61	30	22
479047.45	8444071.32	2171	27	22
479048.35	8444070.32	2168.77	30	22
479049.12	8444069.46	2166.84	22	30
479049.69	8444068.83	2165.43	22	30
479050.23	8444068.24	2164.1	22	30
479050.92	8444067.48	2162.39	27	22
479051.64	8444066.67	2160.58	22	30
479052.58	8444065.64	2158.27	27	22
479053.15	8444065.01	2156.86	30	22
479053.7	8444064.4	2155.54	30	22
479054.74	8444063.25	2153.04	30	22
479528.16	8445130.23	2349.5	35	22
479528.17	8445130.22	2346.45	43	22
479528.18	8445130.21	2343.4	47	30
479528.18	8445130.2	2340.35	43	30
479528.19	8445130.19	2337.3	47	30
479528.2	8445130.18	2334.25	39	22
479528.21	8445130.17	2331.2	27	27
479528.22	8445130.15	2328.15	39	30
479528.23	8445130.14	2325.1	35	30
479528.25	8445130.12	2319	35	30
479528.25	8445130.11	2315.95	35	22
479528.26	8445130.1	2312.9	35	22
479528.27	8445130.09	2309.85	20	27
479528.28	8445130.07	2306.8	30	27
479528.29	8445130.06	2303.75	27	22
479528.3	8445130.05	2300.7	30	22
479528.31	8445130.04	2297.65	35	27
479528.32	8445130.03	2294.6	41	22
479528.32	8445130.02	2291.55	35	30
479528.33	8445130.01	2288.5	41	30
479528.34	8445129.99	2285.4	41	30
479528.35	8445129.98	2282.35	27	30
479528.36	8445129.97	2279.3	30	32
479528.37	8445129.96	2276.25	39	32

479528.38	8445129.95	2273.2	41	30
479528.39	8445129.94	2270.15	39	30
479528.39	8445129.93	2267.1	35	22
479528.4	8445129.91	2264.05	39	22
479528.41	8445129.9	2261	41	22
479528.42	8445129.89	2257.95	30	22
479528.43	8445129.88	2254.9	35	28
479528.44	8445129.87	2251.85	35	28
479528.46	8445129.85	2245.75	22	20
479528.46	8445129.83	2242.7	30	20
479528.47	8445129.82	2239.65	25	20
479528.48	8445129.81	2236.6	22	20
479425.64	8444132.24	2362.9	22	20
479426.34	8444131.51	2361.54	22	20
479426.85	8444130.97	2360.53	25	27
479427.4	8444130.39	2359.45	35	27
479428.28	8444129.46	2357.72	30	22
479430.79	8444126.8	2352.77	28	22
479431.79	8444125.74	2350.8	33	27
479432.45	8444125.05	2349.52	19	27
479433.39	8444124.05	2347.67	33	30
479434.63	8444122.73	2345.22	35	30
479435.88	8444121.42	2342.77	37	30
479437.13	8444120.1	2340.31	35	30
479438.37	8444118.78	2337.86	35	22
479439.71	8444117.37	2335.52	30	22
479441.14	8444115.85	2333.29	33	30
479442.57	8444114.34	2331.06	35	30
479443.62	8444113.23	2329.41	37	30
479444.35	8444112.46	2328.28	35	30
479445.42	8444111.32	2326.6	37	28
479446.48	8444110.2	2324.95	35	28
479447.56	8444109.07	2323.27	35	30
479453.27	8444103.02	2314.35	35	30
479454.7	8444101.51	2312.12	30	30
479456.13	8444100	2309.88	30	30
479457.56	8444098.48	2307.65	35	30
479458.99	8444096.97	2305.42	35	30
479460.42	8444095.46	2303.19	28	30
479461.84	8444093.95	2300.96	28	30
479463.27	8444092.44	2298.73	35	30
479464.7	8444090.93	2296.5	37	30
479466.13	8444089.41	2294.27	37	30
479466.97	8444088.52	2292.95	37	30
479467.69	8444087.77	2291.81	37	32

479468.95	8444086.43	2289.76	37	32
479470.42	8444084.87	2287.38	35	22
479471.83	8444083.39	2285.12	37	22
479473.16	8444081.98	2282.96	37	20
479474.56	8444080.5	2280.7	35	20
479475.96	8444079.01	2278.43	37	22
479477.37	8444077.53	2276.16	37	22
479478.77	8444076.05	2273.9	37	22
479480.17	8444074.56	2271.63	37	30
479481.57	8444073.08	2269.36	41	35
479482.97	8444071.6	2267.1	39	35
479484.38	8444070.11	2264.83	30	35
479521.32	8444031.03	2202.49	41	35
479522.75	8444029.52	2200.26	41	41
479524.18	8444028.01	2198.03	49	30
479525.61	8444026.5	2195.8	41	41
479527.04	8444024.99	2193.57	49	41
479528.46	8444023.48	2191.34	41	38
479535.61	8444015.92	2180.19	41	25
479537.04	8444014.41	2177.96	41	22
479538.47	8444012.9	2175.72	49	28
479539.9	8444011.38	2173.49	41	20
479541.32	8444009.87	2171.26	41	20
479542.75	8444008.36	2169.03	41	33
479544.14	8444006.9	2166.88	41	41
479544.84	8444006.16	2165.77	41	44
479545.56	8444005.39	2164.51	41	35
480100.89	8444787.81	2440.06	28	28
480100.83	8444785.5	2437.85	30	23
480100.78	8444783.34	2435.77	30	22
480100.73	8444781.14	2433.66	27	22
480100.67	8444778.94	2431.55	30	28
480100.62	8444776.74	2429.43	27	25
480100.53	8444773.42	2426.25	39	20
480100.48	8444771.22	2424.14	39	20
480100.42	8444769.02	2422.03	41	25
480100.37	8444766.82	2419.92	25	28
480100.32	8444764.62	2417.8	35	22
480100.21	8444760.22	2413.58	30	30
480100.16	8444758.23	2411.68	25	30
480100.13	8444757.14	2410.65	25	25
480100.1	8444755.76	2409.42	44	45
480100.04	8444753.48	2407.4	41	20
480099.98	8444751.23	2405.41	44	30
480099.93	8444748.95	2403.39	44	27

480099.87	8444746.66	2401.37	37	27
480099.81	8444744.38	2399.35	35	22
480099.76	8444742.1	2397.33	19	30
480099.7	8444739.81	2395.31	28	22
480099.64	8444737.53	2393.29	25	22
480099.59	8444735.24	2391.27	22	22
480099.31	8444723.86	2381.19	23	30
480099.25	8444721.54	2379.14	25	22
480099.13	8444716.98	2375.1	20	22
480099.08	8444714.69	2373.08	22	30
480099.02	8444712.41	2371.06	22	30
480098.96	8444710.12	2369.04	27	35
480098.91	8444707.84	2367.01	25	30
480098.85	8444705.56	2364.99	35	22
480098.79	8444703.27	2362.97	22	22
480098.74	8444700.99	2360.95	30	25
480097.72	8444660.1	2324.41	30	30
480097.67	8444657.83	2322.37	22	30
480097.61	8444655.57	2320.33	30	22
479421.84	8444136.7	2356.59	33	22
479421.84	8444136.7	2355.24	23	27
479421.84	8444136.7	2353.69	20	22
479421.84	8444136.7	2352.14	25	25
479421.84	8444136.7	2350.79	20	25
479421.84	8444136.7	2349.44	28	25
479421.84	8444136.7	2346.04	28	25
479421.84	8444136.7	2344.54	23	25
479421.84	8444136.7	2342.39	30	25
479421.84	8444136.7	2341.14	35	25
479421.84	8444136.7	2339.94	33	22
479421.84	8444136.7	2337.69	35	27
479421.84	8444136.7	2334.64	41	22
479421.84	8444136.7	2331.59	44	20
479421.84	8444136.7	2328.54	35	33
479421.84	8444136.7	2325.49	35	23
479421.84	8444136.7	2322.44	35	20
479421.84	8444136.7	2319.99	30	20
479421.84	8444136.7	2318.49	30	20
479421.84	8444136.7	2316.34	35	20
479421.84	8444136.7	2313.29	25	28
479421.84	8444136.7	2310.24	30	25
479421.84	8444136.7	2307.19	35	33
479421.84	8444136.7	2301.09	35	30
479421.84	8444136.7	2298.04	28	30
479421.84	8444136.7	2294.99	33	24

479421.84	8444136.7	2291.94	35	20
479421.84	8444136.7	2288.89	35	25
479421.84	8444136.7	2285.84	35	28
479421.84	8444136.7	2282.79	20	25
479421.84	8444136.7	2279.74	23	30
479421.84	8444136.7	2276.69	23	30
479421.84	8444136.7	2274.24	20	30
479421.84	8444136.7	2272.69	23	30
479421.84	8444136.7	2270.89	30	30
479421.84	8444136.7	2269.39	22	30
479421.84	8444136.7	2267.04	19	35
479421.84	8444136.7	2261.44	21	22
479421.84	8444136.7	2258.74	22	30
479421.84	8444136.7	2257.24	19	30
479421.84	8444136.7	2255.84	23	28
479421.84	8444136.7	2254.29	39	23
479421.84	8444136.7	2253.34	39	27
479421.84	8444136.7	2251.84	35	28
479421.84	8444136.7	2246.79	28	22
479421.84	8444136.7	2244.99	28	20
479421.84	8444136.7	2243.14	30	25
479421.84	8444136.7	2240.39	22	19
479421.84	8444136.7	2237.64	25	23
479421.84	8444136.7	2235.49	22	33
479421.84	8444136.7	2230.94	30	33
479421.84	8444136.7	2228.19	22	33
479421.84	8444136.7	2225.44	22	37
479421.84	8444136.7	2222.24	25	28
480056.44	8445042.72	2350.68	25	33
480054.91	8445044.02	2348.74	25	39
480053.33	8445045.36	2346.73	22	41
480052.5	8445046.06	2345.67	22	41
480051.58	8445046.84	2344.47	25	41
480049.94	8445048.24	2342.31	22	35
480048.73	8445049.27	2340.72	22	20
480047.96	8445049.92	2339.71	22	27
480046.83	8445050.88	2338.23	22	27
480045.29	8445052.19	2336.21	22	19
480043.68	8445053.56	2334.09	25	22
480042.03	8445054.96	2331.94	25	25
480040.39	8445056.36	2329.78	22	35
480039.18	8445057.39	2328.19	22	30
480038.37	8445058.07	2327.13	22	39
480037.18	8445059.08	2325.57	22	35
480036.38	8445059.77	2324.51	22	33

480035.47	8445060.54	2323.37	22	33
480033.8	8445061.96	2321.25	22	39
480032.13	8445063.38	2319.13	22	28
480030.46	8445064.8	2317.01	22	49
480028.78	8445066.22	2314.89	22	41
480027.25	8445067.52	2312.95	22	27
480026.43	8445068.22	2311.9	22	27
480025.46	8445069.05	2310.63	22	37
479279.48	8444124.82	2316.46	22	33
479280.22	8444124.01	2316.43	22	33
479280.68	8444123.51	2316.41	22	39
479281.95	8444122.1	2316.36	22	20
479282.8	8444121.18	2316.32	22	28
479283.81	8444120.07	2316.28	25	35
479285.25	8444118.48	2316.21	22	39
479286.75	8444116.84	2316.15	22	22
479287.9	8444115.58	2316.1	25	33
479289.44	8444113.88	2316.03	22	33
479291.5	8444111.63	2315.94	27	33
479293.55	8444109.38	2315.86	22	33
479294.78	8444108.03	2315.8	27	23
479295.44	8444107.31	2315.78	27	35
479296.92	8444105.68	2315.71	27	35
479298.97	8444103.43	2315.62	27	22
479301.04	8444101.16	2315.53	22	30
479303.11	8444098.88	2315.45	25	35
479305.18	8444096.61	2315.36	22	35
479306.78	8444094.86	2315.29	25	37
479307.81	8444093.73	2315.26	25	30
479309.32	8444092.07	2315.26	25	35
479311.41	8444089.78	2315.26	20	33
479313.5	8444087.48	2315.26	25	32
479315.03	8444085.8	2315.26	25	34
479316.56	8444084.12	2315.26	22	34
479318.75	8444081.72	2315.26	22	37
479320.84	8444079.43	2315.26	22	35
479322.26	8444077.88	2315.26	22	35
479323.64	8444076.36	2315.26	25	35
479324.76	8444075.12	2315.26	37	28
479325.78	8444074	2315.26	28	28
479327.7	8444071.9	2315.26	25	35
479328.89	8444070.59	2315.26	40	37
479330.25	8444069.11	2315.26	22	28
479332.41	8444066.73	2315.26	22	33
479334.4	8444064.55	2315.26	22	44

479336.3	8444062.46	2315.26	25	35
479337.86	8444060.75	2315.26	22	35
479338.89	8444059.62	2315.26	25	33
479339.99	8444058.42	2315.26	40	35
479530.17	8445128.18	2352.95	30	35
479531.07	8445127.21	2350.2	30	35
479531.98	8445126.25	2347.46	35	33
479532.88	8445125.28	2344.71	25	33
479533.78	8445124.31	2341.96	39	37
479534.69	8445123.34	2339.21	30	37
479535.59	8445122.38	2336.47	35	30
479536.5	8445121.41	2333.72	30	25
479537.4	8445120.44	2330.97	41	25
479538.16	8445119.63	2328.67	35	25
479538.61	8445119.15	2327.28	35	25
479539.19	8445118.53	2325.46	35	25
479540.07	8445117.59	2322.7	35	22
479540.95	8445116.64	2319.93	35	22
479541.83	8445115.7	2317.17	35	22
479542.71	8445114.76	2314.41	35	22
479543.59	8445113.82	2311.64	39	22
479544.47	8445112.88	2308.88	30	30
479545.35	8445111.94	2306.11	30	30
479546.23	8445110.99	2303.35	30	20
479547.11	8445110.05	2300.58	30	20
479547.99	8445109.11	2297.82	35	27
479548.87	8445108.17	2295.06	35	22
479549.75	8445107.23	2292.29	35	30
479550.63	8445106.29	2289.53	35	20
479551.51	8445105.34	2286.76	25	35
479552.39	8445104.4	2284	30	30
479553.27	8445103.46	2281.23	30	22
479554.15	8445102.52	2278.47	28	30
479555.03	8445101.58	2275.71	30	22
479555.91	8445100.63	2272.94	23	30
479556.79	8445099.69	2270.18	20	30
479559.43	8445096.87	2261.89	23	30
479560.31	8445095.93	2259.12	23	30
479561.19	8445094.98	2256.36	20	30
479567.12	8445088.64	2237.73	19	30
479567.56	8445088.17	2236.38	19	30
479910.66	8444758.06	2352.02	34	22
479911.03	8444757.29	2351.11	33	22
479911.4	8444756.52	2350.2	33	22
479911.85	8444755.59	2349.11	27	22

479912.3	8444754.67	2348.01	32	22
479912.76	8444753.71	2346.88	27	22
479913.45	8444752.3	2345.21	27	25
479914.12	8444750.91	2343.57	27	22
479914.58	8444749.95	2342.44	32	22
479915.51	8444748.04	2340.18	28	22
479915.94	8444747.15	2339.12	25	22
479916.39	8444746.23	2338.03	19	25
479916.66	8444745.67	2337.37	28	22
479916.91	8444745.16	2336.81	28	30
479917.35	8444744.25	2335.84	33	35
479917.82	8444743.28	2334.8	33	22
479918.31	8444742.28	2333.72	33	22
479918.79	8444741.28	2332.64	27	22
479919.26	8444740.31	2331.6	33	22
479919.73	8444739.33	2330.56	30	22
479920.22	8444738.33	2329.48	35	22
479920.71	8444737.33	2328.41	39	22
479921.18	8444736.36	2327.36	35	22
479921.65	8444735.39	2326.32	35	22
479922.13	8444734.38	2325.24	35	22
479922.62	8444733.38	2324.17	33	22
479923.09	8444732.41	2323.13	37	22
479923.56	8444731.44	2322.08	41	22
479924.05	8444730.43	2321.01	35	22
479924.54	8444729.43	2319.93	33	22
479925.01	8444728.46	2318.89	33	22
479925.48	8444727.49	2317.85	33	22
479925.96	8444726.49	2316.77	33	22
479926.45	8444725.48	2315.69	24	22
479926.92	8444724.51	2314.65	39	22
479927.39	8444723.54	2313.61	33	28
479927.96	8444722.38	2312.36	30	28
479928.44	8444721.37	2311.28	33	28
479928.84	8444720.56	2310.41	33	20
479929.31	8444719.59	2309.37	33	28
479929.79	8444718.59	2308.29	33	23
479930.28	8444717.59	2307.22	33	20
479930.75	8444716.62	2306.18	32	19
479931.22	8444715.64	2305.13	33	30
479931.71	8444714.64	2304.06	33	30
479932.18	8444713.67	2303.02	27	27
479932.41	8444713.19	2302.49	27	35
479932.67	8444712.67	2301.94	32	30
479933.14	8444711.7	2300.9	20	20

479933.62	8444710.69	2299.82	28	20
479934.11	8444709.69	2298.74	20	28
479934.58	8444708.72	2297.7	33	35
479935.05	8444707.75	2296.66	33	35
479935.54	8444706.75	2295.58	33	25
479936.02	8444705.74	2294.51	33	30
479936.49	8444704.77	2293.46	33	22
479936.97	8444703.8	2292.42	28	25
479937.45	8444702.8	2291.35	33	30
479937.94	8444701.79	2290.27	33	33
479938.41	8444700.82	2289.23	44	33
479938.88	8444699.85	2288.18	28	28
479939.37	8444698.85	2287.11	33	37
479939.85	8444697.85	2286.03	20	44
479940.32	8444696.87	2284.99	25	30
479940.79	8444695.9	2283.95	33	41
479941.28	8444694.9	2282.87	33	41
479941.77	8444693.9	2281.79	38	30
479942.24	8444692.93	2280.75	32	30
479942.71	8444691.96	2279.71	38	35
479943.2	8444690.95	2278.63	19	22
479943.68	8444689.95	2277.56	24	22
479945.11	8444687	2274.4	27	42
479945.6	8444686	2273.32	24	30
479947.02	8444683.06	2270.16	25	30
479947.51	8444682.05	2269.08	33	20
479947.92	8444681.21	2268.18	33	35
479948.15	8444680.73	2267.66	33	30
479948.45	8444680.11	2267	39	28
479948.94	8444679.11	2265.92	33	23
479949.43	8444678.1	2264.84	35	28
479949.9	8444677.13	2263.8	41	33
479950.37	8444676.16	2262.76	35	28
479950.85	8444675.16	2261.68	35	20
479951.34	8444674.16	2260.61	39	28
479951.81	8444673.19	2259.56	41	23
479952.28	8444672.21	2258.52	35	20
479952.77	8444671.21	2257.45	35	35
479953.25	8444670.21	2256.37	28	41
479953.58	8444669.53	2255.64	28	39
479953.82	8444669.04	2255.12	39	41
479954.2	8444668.27	2254.29	35	39
479954.68	8444667.26	2253.21	35	22
479955.17	8444666.26	2252.13	35	22
479955.61	8444665.35	2251.16	41	27

479956.08	8444664.38	2250.12	39	30
479956.6	8444663.31	2248.97	41	22
479957.08	8444662.31	2247.89	41	27
479957.56	8444661.34	2246.85	35	22
479958.03	8444660.37	2245.81	39	22
479958.51	8444659.37	2244.73	33	30
479959	8444658.36	2243.66	33	27
479959.47	8444657.39	2242.62	39	30
479960.19	8444655.9	2241.02	39	20
479961.15	8444653.93	2238.9	33	25
479962.11	8444651.96	2236.78	39	27
479963.06	8444649.98	2234.66	27	25
479964.53	8444646.95	2231.38	27	30
479965.43	8444645.09	2229.35	33	30
479966.38	8444643.13	2227.21	33	27
479967.33	8444641.18	2225.07	35	20
479968.28	8444639.22	2222.94	39	20
479969.23	8444637.26	2220.8	41	25
479970.18	8444635.3	2218.66	33	20
479971.13	8444633.35	2216.52	41	27
479972.08	8444631.39	2214.38	41	20
479973.03	8444629.43	2212.25	41	30
479973.98	8444627.47	2210.11	35	30
479974.93	8444625.52	2207.97	41	35
479975.88	8444623.56	2205.83	33	35
479976.83	8444621.6	2203.7	33	35
479977.77	8444619.64	2201.56	27	35
479978.72	8444617.69	2199.42	33	35
479979.27	8444616.56	2198.19	33	35
479979.76	8444615.55	2197.13	33	41
479980.65	8444613.71	2195.22	33	35
479981.98	8444610.97	2192.39	20	35
479982.6	8444609.69	2191.06	28	25
479983.57	8444607.68	2188.98	28	30
479984.55	8444605.68	2186.9	33	27
479985.28	8444604.16	2185.33	35	25
479985.78	8444603.14	2184.28	33	20
479987.47	8444599.66	2180.66	23	28
479988.44	8444597.65	2178.58	25	20
479989.41	8444595.64	2176.5	28	35
479990.39	8444593.63	2174.42	28	30
479991.36	8444591.63	2172.34	28	27
479992.33	8444589.62	2170.26	37	20
479994.95	8444584.22	2164.67	22	20
479995.45	8444583.2	2163.61	22	28

479996.08	8444581.89	2162.25	33	28
479997.09	8444579.82	2160.1	28	33
479998.05	8444577.84	2158.05	24	33
479998.99	8444575.9	2156.04	27	33
480001.46	8444570.8	2150.76	27	35
480002.4	8444568.86	2148.74	35	33
480003.14	8444567.35	2147.17	30	35
480003.9	8444565.77	2145.54	30	35
480004.62	8444564.29	2144	30	37
480005.19	8444563.1	2142.78	30	30
480005.98	8444561.49	2141.11	25	30
480006.95	8444559.48	2139.03	30	22
480008.11	8444557.08	2136.54	23	22
480008.88	8444555.5	2134.9	20	22
480009.85	8444553.49	2132.82	33	30
480010.79	8444551.55	2130.81	39	28

