

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**



## **TESIS**

**“APLICACIÓN DEL MÉTODO DE INMERSIÓN EN CERA PARA  
EL CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA EN TESTIGOS  
DE PERFORACIÓN DIAMANTINA PARA UNA MEJOR  
ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES EN LA MINA SAN  
VICENTE”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR  
GUSTAVO ENRIQUE SULCA HUAMÁN**

**ASESOR  
M.Sc. Lic. MARÍA CARMEN TUIRO SALVADOR**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis queridos padres Juana Clemencia Huamán Medrano y Walter Feliciano Sulca Rojas, también a mi hermana Claudia Lisset Sulca Huamán que siempre han sido mi mayor motivación día a día, gracias por su apoyo, esfuerzo y dedicación por inculcarme valores para ser una mejor persona, por sus consejos en los buenos y malos momentos para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a Dios por seguir dándome vida y salud, a mi alma mater UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, en especial a la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, en la que aprendí muchas cosas que me sirven día a día para crecer como persona y profesional.

Segundo agradecer también al equipo de Geología y Exploraciones de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha SAA, que me apoyaron a realizar este trabajo de investigación para poder alcanzar una de las primeras metas como profesional.

## RESUMEN

Este trabajo de investigación desarrolla el tema del logro de una mejor estimación de los recursos minerales con la aplicación del método de inmersión en cera para la gravedad específica, ya que de esta manera se toma en cuenta el comportamiento litológico y la mineralización del yacimiento en forma real y puntual. Esta investigación se ha trabajado en base a muestras obtenidas de los testigos de perforación diamantina en la mina San Vicente – Cía. Minera San Ignacio de Morococha (SIMSA) por la aplicación del método de inmersión en cera. Esto se llevó a cabo en primer lugar mediante la obtención de 200 muestras de testigos de perforación diamantina de 24 sondajes con diferentes litologías, texturas, mineralización y profundidades de la zona denominada Ayala Inferior que comprende al Tajo 8660, luego se procedió a la aplicación del método de inmersión en cera para el cálculo de la gravedad específica de las muestras tomadas.

Finalmente, se realizó los cálculos de estimación, la comparación y el análisis de los resultados que se obtuvieron en las etapas anteriores con lo que se trabaja en el programa Vulcan para la estimación de recursos minerales. Los resultados para el Tajo 8660 en tonelaje son de 38 721 TMS que tiene una diferencia de 4 801 TMS subestimado con el método teórico utilizado y que se ha extraído de esa zona de la mina.



## **ABSTRACT**

This research work develops the theme of achieving a better estimate of mineral resources with the application of the wax immersion method for specific gravity, given that in this method the lithological behavior and mineralization of the deposit are taken into consideration in real and punctual. This research has been carried out based on samples obtained from the diamond cores drilling in the San Vicente mine – Compañía Minera San Ignacio de Morococha SAA (SIMSA) by the application of the wax immersion method. This was carried out, in the first place, by obtaining 200 samples of diamond cores drilling from 24 holes with different lithologies, textures, mineralization and depths from the area called Ayala Inferior that comprises the Pit 8660, then the wax immersion method was applied for calculating the specific gravity of the samples taken out.

Finally, the estimation calculations, the comparison and the analysis of the results obtained in the previous stages with the working on the Vulcan program for the estimation of mineral resources. The results for Edge 8660 tonnage are 38,721 TMS having a difference of 4801 TMS underestimated with the theoretical method used and has been extracted from that area of the mine.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**ÍNDICE DE CONTENIDO** ..... vi

**ÍNDICE DE FIGURAS** ..... ix

**ÍNDICE DE TABLAS** ..... xiii

**CAPÍTULO I: GENERALIDADES** ..... 1

1.1 IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN ..... 1

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN ..... 5

    1.2.1 Formulación del Problema ..... 5

    1.2.2 Justificación del Problema ..... 5

    1.2.3 Limitaciones del Problema ..... 5

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO ..... 7

    1.3.1 Objetivo General ..... 7

    1.3.2 Objetivos Específicos ..... 7

1.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 7

**CAPÍTULO II: MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL** ..... 10

2.1 MARCO TEÓRICO ..... 10

    2.1.1 Yacimiento Tipo Mississippi Valley (MVT) ..... 10

    2.1.2 Recursos y Reservas Minerales ..... 17

    2.1.3 Inventario de Recursos y Reservas Minerales ..... 21

    2.1.4 Código JORC ..... 23

    2.1.5 Fundamentos para calcular la gravedad específica ..... 25

    2.1.6 Estimación de recursos por el método teórico en San Vicente ..... 38

2.2 MARCO CONCEPTUAL ..... 48

**CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES** ..... 49

3.1 HIPÓTESIS GENERAL ..... 49

3.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	49
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	49
	<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>50</b>
4.1	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	50
4.1.1	Población y muestra .....	51
4.2	UNIDAD DE ANÁLISIS - MINA SAN VICENTE .....	51
4.2.1	Ubicación, acceso y datos del área de investigación .....	51
4.2.2	Marco Geológico Regional de San Vicente.....	54
4.2.3	Marco Geológico Local de San Vicente .....	62
4.2.4	Geología Estructural .....	66
4.2.5	Yacimiento (Zn-Pb) Tipo Mississippi Valley de San Vicente.....	68
4.2.6	Texturas principales de la mineralización en San Vicente.....	83
	<b>CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>87</b>
5.1	MUESTREO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA DEL TAJO 8660 .....	87
5.2	LOGUEO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN LITO-MINERALÓGICA .....	92
5.3	PROCEDIMIENTO ESTANDARIZADO PARA CALCULAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA .....	95
5.3.1	Obtención de muestras para calcular la gravedad específica .....	98
5.4	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE INMERSIÓN EN CERA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	102
5.5	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	108
5.5.1	Tratamiento de datos por estadística descriptiva básica .....	108
5.5.2	Cálculo de la gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	114
5.6	CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA POR EL MÉTODO TEÓRICO .....	122
	<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>129</b>
6.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	129
6.1.1	Resultados de la estimación de recursos por el método teórico con intercepto de mineral del Tajo 8660.....	129

6.1.2	Resultados de la estimación de recursos por el método teórico con intercepto de mineral del Tajo 8660.....	134
6.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	139
6.2.1	Gravedad específica con respecto a litologías, texturas y zona mineralizada de la mina San Vicente .....	139
6.2.2	Comparación de los valores de gravedad específica por el método teórico y el método de inmersión en cera.....	152
6.2.3	Comparación de la estimación de recursos minerales con los valores de gravedad específica calculados por el método teórico y por el método de inmersión en cera.....	157
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>174</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>176</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>177</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>179</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1,1:	Inversión minera en el Perú en los últimos años .....	3
Figura 2,1:	Distribución de yacimientos MVT en el mundo.....	12
Figura 2,2:	Contexto tectónico de un yacimiento MVT .....	14
Figura 2,3:	Código de Australasia para informar sobre recursos y reservas minerales.....	21
Figura 2,4:	Correlación entre Densidad vs Temperatura.....	27
Figura 2,5:	Extracción de muestra por el método del tubo de pared fina.....	34
Figura 2,6:	Procedimiento para determinar la densidad in situ.....	36
Figura 2,7:	Relación peso específico vs ley de zinc .....	39
Figura 2,8:	Vista de sección del manto Jesús Zona de Arcopunco .....	41
Figura 4,1:	Plano de ubicación de la mina San Vicente .....	52
Figura 4,2:	Mapa geológico regional de la mina San Vicente.....	56
Figura 4,3:	Columna Lito-estratigráfica de la mina San Vicente .....	57
Figura 4,4:	Mapa geológico local y estructural de la mina San Vicente.....	62
Figura 4,5:	Mineralización Tipo Cebra .....	69
Figura 4,6:	Mineralización Tipo Brecha.....	70
Figura 4,7:	Mineralización Tipo Masiva.....	71
Figura 4,8:	Fluido mineralizante - WSD.....	72
Figura 4,9:	Fluido mineralizante - GSD .....	73
Figura 4,10:	Cantidad de fluido mineralizante (GSD-WSD) en las rocas de la mina San Vicente .....	74
Figura 4,11:	Granulometría de las dolomías en la mina San Vicente.....	77
Figura 4,12:	Índice de color de las rocas en la mina San Vicente .....	78
Figura 4,13:	Controles de mineralización (Salto de Falla) .....	80
Figura 4,14:	Secuencia Paragenética en la mina San Vicente .....	81
Figura 4,15:	Paragénesis de la mineralización de sulfuros en San Vicente.....	82
Figura 4,16:	Paragénesis de la mineralización de sulfuros en San Vicente.....	82
Figura 4,17:	Paragénesis de la mineralización de sulfuros en San Vicente.....	83
Figura 4,18:	Textura Tipo Cebra .....	83
Figura 4,19:	Textura Tipo Mineral Matrix Breccia.....	84
Figura 4,20:	Textura Tipo Rock Matrix Breccia .....	85
Figura 4,21:	Textura Tipo Cracker Brecha .....	85
Figura 4,22:	Textura Tipo Cebra Incipiente .....	86
Figura 4,23:	Textura Tipo Ooide .....	86
Figura 5,1:	Plano de los sondajes con intercepto de mineral del Tajo 8660.....	90
Figura 5,2:	Modelo de bloques del Tajo 8660 de los sondajes con intercepto de mineral.....	91
Figura 5,3:	Hoja de logueo del sondaje DDH-4839 con intercepto de mineral.....	94
Figura 5,4:	Balanza digital.....	96

Figura 5,5:	Estufa eléctrica .....	97
Figura 5,6:	Bandejas metálicas.....	97
Figura 5,7:	Muestras representativas del método de inmersión en cera.....	100
Figura 5,8:	Muestra mineralizada tipo cebra antes de cortar.....	100
Figura 5,9:	Fotografiado de cajas del sondaje DDH-4839.....	101
Figura 5,10:	Fotografiado de cajas del sondaje DDH-4842.....	101
Figura 5,11:	Dispersión de los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	110
Figura 5,12:	Sección de los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4854, DDH-4862, DDH-4865 con intecepto de mineral del Tajo 8660.....	120
Figura 5,13:	Sección de los sondajes DDH-4875, DDH-4877, DDH-4884 con intecepto de mineral del Tajo 8660.....	121
Figura 6,1:	Dispersión de los valores de gravedad específica en la Caliza Negra Uncush .....	141
Figura 6,2:	Dispersión de los valores de gravedad específica en la Dolomía San Vicente .....	141
Figura 6,3:	Dispersión de los valores de gravedad específica en la Dolomía Alfonso.....	142
Figura 6,4:	Dispersión de los valores de gravedad específica en Volcánico .....	142
Figura 6,5:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Brecha .....	145
Figura 6,6:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Cebra Incipiente.....	145
Figura 6,7:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Laminar.....	146
Figura 6,8:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Masiva .....	146
Figura 6,9:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Cracker Brecha .....	147
Figura 6,10:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Ooide .....	147
Figura 6,11:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Mineral Matrix Breccia.....	148
Figura 6,12:	Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Pseudobrecha.....	148
Figura 6,13:	Dispersión de los valores de gravedad específica – zona mineralizada .....	151
Figura 6,14:	Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4862 con sus valores de gravedad específica por el método teórico .....	160

Figura 6,15:	Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4865 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.....	161
Figura 6,16:	Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4875, DDH-4877 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.....	162
Figura 6,17:	Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4884 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.....	163
Figura 6,18:	Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4862 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	166
Figura 6,19:	Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4865 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	167
Figura 6,20:	Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4875, DDH-4877 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	168
Figura 6,21:	Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4884 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	169
Figura 6,22:	Comparación de los valores de gravedad específica por el método teórico Vs el método por inmersión en cera.....	170
Figura 6,23:	Modelo de bloques del Tajo 8660 con los valores de gravedad específica por el método teórico.....	172
Figura 6,24:	Modelo de bloques del Tajo 8660 con los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.....	173

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2,1:	Valores de densidad relativa por mineral .....	28
Tabla 4,1:	Coordenadas de la mina San Vicente .....	51
Tabla 4,2:	Resumen de propiedades de SIMSA .....	53
Tabla 5,1:	Relación de sondajes con mineralización en el Tajo 8660 .....	88
Tabla 5,2:	Relación de otros sondajes ensayados en la mina San Vicente .....	89
Tabla 5,3:	Nomenclatura de rocas para logueo geológico .....	93
Tabla 5,4:	Nomenclatura de texturas para logueo geológico .....	93
Tabla 5,5:	Nomenclatura de zinc para logueo geológico.....	93
Tabla 5,6:	Herramientas y materiales de trabajo.....	96
Tabla 5,7:	Resumen de valores estadísticos .....	109
Tabla 5,8:	Formato de gravedad específica del sondaje DDH-4839 .....	112
Tabla 5,9:	Formato de gravedad específica del sondaje DDH-4839 .....	113
Tabla 5,10:	Valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera de todos los sondajes ensayados.....	116
Tabla 5,11:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4839.....	124
Tabla 5,12:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4842.....	124
Tabla 5,13:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4854.....	125
Tabla 5,14:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4862.....	125
Tabla 5,15:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4865.....	126
Tabla 5,16:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4875.....	126
Tabla 5,17:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4877.....	127
Tabla 5,18:	Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH- 4884.....	127
Tabla 5,19:	Resultados de gravedad específica de laboratorio (2012).....	128
Tabla 6,1:	Cálculo estadístico de la gravedad específica por litología .....	140
Tabla 6,2:	Cálculo estadístico de la gravedad específica por texturas .....	144
Tabla 6,3:	Cálculo estadístico de la gravedad específica por concentración de zinc .....	150
Tabla 6,4:	Comparación de los valores de gravedad específica por el método teórico y el método de inmersión en cera .....	153
Tabla 6,5:	Sólidos del modelo de bloques con los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera .....	154



Tabla 6,6:	Comparación entre los valores de gravedad específica por método teórico y método de inmersión en cera de los sondajes con intercepto de mineral del Tajo 8660 .....	156
Tabla 6,7:	Estimación de recursos minerales del Tajo 8660 (TM) con los valores de gravedad específica por el método teórico .....	158
Tabla 6,8:	Resumen de la estimación de recursos del Tajo 8660 (TM) con lo valores de gravedad específica por el método teórico .....	159
Tabla 6,9:	Estimación de recursos minerales del Tajo 8660 (TM) con los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera .....	164
Tabla 6,10:	Resumen de la estimación de recursos del Tajo 8660 (TM) con lo valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera .....	165
Tabla 6,11:	Comparación de estimación de recursos del Tajo 8660 por método teórico Vs método por inmersión en cera .....	171

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

Uno de los principales indicadores para la inversión minera en exploración y explotación es la estimación de recursos, en los últimos años las empresas mineras buscan validar la estimación de recursos y reservas de sus yacimientos mineros, por ello ha sido importante emplear métodos que ayudan a certificar la veracidad de la información geológica, mediante el control y aseguramiento de la calidad como muestreo primario, muestreo secundario (preparación y análisis), interpretación geológica, ensayos de densidad, inserción de controles, registro de datos, validación de datos y métodos de procesamiento de datos para evitar que los recursos sean sobreestimados o sus reservas sean sobrevaloradas.

La estimación de recursos minerales requiere que el tonelaje, ley y contenido mineral en el yacimiento sea estimado con la mayor exactitud para luego clasificarlo en base a la confianza de los mismos, además que las densidades de las muestras sean utilizadas para convertir el volumen

medido de roca (mineral o desmonte) en tonelaje. Sin la adecuada información de densidad, el tonelaje y consecuentemente el contenido de mineral en el yacimiento puede fácilmente ser sobreestimado o subestimado, todo el proceso debe seguir un procedimiento adecuado para evitar errores durante la toma de datos.

La mayoría de empresas mineras en el Perú desde los años 2000 a la actualidad son valoradas en base a sus recursos y reservas minerales por ello han optado en contar con personal capacitado y especializado en estimación de recursos, modelamiento geológico, control y aseguramiento de calidad (QA/QC) en referencia a la validación de información para que puedan estandarizar los procesos geológicos – mineros de producción en las diversas unidades mineras con la finalidad de optimizar y mejorar sus procesos como lo pide el mercado internacional, y de esa manera brindar una mayor confianza y exactitud a la información geológica que se va conociendo, uno de los parámetros que ha obtenido mayor importancia en estos años es el cálculo de gravedad específica que tiene como principal objetivo dar soporte a la estimación de recursos minerales parte fundamental de la vida útil de una mina tanto en producción como en ampliación de la misma. En gran minería y mediana minería los activos primarios son sus recursos y reservas minerales por eso han estandarizado sus procedimientos en base a las normas internacionales como para calcular la gravedad específica en este caso usando el método de inmersión en cera obteniendo resultados con mayor precisión para sustentar mejor su estimación de recursos y reservas minerales, casi en su mayoría las empresas mineras han optado por este método para el cálculo de densidad con el fin de complementar adecuadamente su estimación de recursos

minerales, como experiencia propia de haber ejecutado y visto ese proceso al detalle en trabajos para minas como: Compañía Minera Antamina, Compañía Minera Volcan y Compañía Minera Santa Luisa, corroborando su procedimiento en base a la normativa estipulada para cada caso. En el Perú la mayoría de las minas y proyectos han validado su información geológica según los estándares internacionales realizando procedimientos adecuados para la estimación de recursos minerales, en el 2013 se llegó a invertir en la industria minera en nuestro país cerca de 8,864 millones de dólares. Además, las minas con proyección mediante la declaración de su inventario de recursos y reservas minerales buscan inversionistas y esto genera que en un futuro como empresa sus acciones sean valorizadas en la bolsa de valores. Figura 1,1.



**Figura 1,1 Inversión minera en el Perú en los últimos años.**

Fuente: "Elaboración MINEM, 2019"

La correcta implementación del método de inmersión en cera para el cálculo de la gravedad específica en la mayoría de unidades mineras ha sido de manera progresiva y constante empezando desde el capital humano, como personal técnico o profesional capacitado para realizar estos trabajos, además de poder brindar el soporte necesario en la elaboración de los procedimientos a seguir para realizar correctamente el trabajo, también se tiene que contar con los equipos y materiales a utilizar, como horno eléctrico, balanza digital, bandejas metálicas y cera o parafina según lo requerido por las normas internacionales para la validación del proceso además de realizar las inspecciones de los mismos de forma diaria, finalmente el ambiente de trabajo para realizar dicho ensayo debe contar con las normas y equipos de seguridad requeridos y con un espacio suficiente para realizar de manera adecuada el ensayo, todo ello tiene que estar detallado en un procedimiento que garantice la correcta ejecución del ensayo y la obtención de resultados adecuados para la precisión en la estimación de recursos de la unidad minera.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad calcular los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera de las unidades litológicas presentes en el yacimiento de la mina San Vicente. Asimismo, el propósito del presente trabajo es mejorar la estimación de recursos minerales en la mina San Vicente teniendo en cuenta el comportamiento litológico y la mineralización del yacimiento.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Formulación del problema de investigación**

- ¿La implementación y aplicación del método de inmersión en cera en la determinación de la gravedad específica, permitirá mejorar la estimación de recursos minerales en la mina San Vicente?

### **1.2.2 Justificación del problema de investigación**

Como resultado del trabajo de investigación tiene la finalidad de calcular los valores de gravedad específica mediante el método de inmersión en cera realizado a muestras de testigos de perforación diamantina en forma metódica según el estudio planteado se pretende aportar información importante sobre el comportamiento mineralógico de cada unidad litológica de la mina San Vicente con respecto a la gravedad específica. El resultado de la investigación permitirá obtener una nueva información teórica y práctica acerca del cálculo de la gravedad específica, evaluadas in situ y proporcionará aportes metodológicos y analíticos, simplificados para realizar este trabajo. Esto contribuirá a lograr una mejor estimación de los recursos minerales en la mina San Vicente.

### **1.2.3 Limitaciones del Problema**

La insuficiente información que se tiene del cálculo de gravedad específica en testigos de perforación diamantina en la mina San Vicente, en el 2012 el Área de Geología de la mina San Vicente realizó una campaña de muestreo de 102 muestras tanto de canales como de testigos de perforación que fueron enviadas a un laboratorio en Lima con la finalidad de calcular la gravedad específica de ciertas zonas de la mina San Vicente con esos resultados se elaboró un gráfico de correlación entre el peso específico y la

ley, pero luego de ello no se continuo con este proceso y solo se ha trabajado con esa correlación, pero no se ha tenido en cuenta que conforme se ha seguido profundizando la mina y realizando nuevas perforaciones en otras zonas esta correlación puede variar ya que estas zonas nuevas presentan otra composición mineralógica que puede dar otros valores de gravedad específica, esto inclusive ha llevado a subestimar o sobrestimar tonelaje durante el crecimiento de la mina.

Otra de las limitaciones importantes que se tiene para realizar la presente investigación es el área de trabajo donde se realiza el ensayo, la cual se debe acondicionar de manera progresiva y va depender del presupuesto entregado al Área de Geología debido a la reducción de costos que se está dando en la mina San Vicente, y está relacionado directamente a problemas de seguridad en el proceso de producción, estas limitaciones tendrán que ser estudiadas y organizadas como parte de la investigación en un mediano plazo para una optimización del proceso.

### **1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Analizar en qué medida la determinación de la gravedad específica aplicando el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina en la mina San Vicente mejorará la estimación de recursos.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Implementar y determinar la gravedad específica por el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina para ser utilizados en la estimación de recursos.
- Comparar los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera con los valores teóricos, de los sondajes con intercepto de mineral para analizar los resultados en la estimación de recursos.

### **1.4 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

A continuación, se mencionará algunos artículos e informes donde se realizó investigaciones que guardan relación con la presente tesis y en lo cual nos apoyaremos para sustentar el tema que se desarrollará en la presente investigación.

Según William Sacher [3]; en un artículo titulado “El Modelo Canadiense: Saqueo e Impunidad Institucionalizados” del año 2010, hace mención al caso más grande de fraude en la minería; el caso de la minera canadiense Bre-X y su supuesto yacimiento en Borneo-Indonesia, donde se dijo haber encontrado 6.500 toneladas de oro, casi el 8% de las reservas mundiales de oro, lo cual no fue una información correcta ya que no existía ningún recurso mineral lo que generó una crisis económica mundial, un desplome de las



bolsas en todo el mundo, también hubo una reducción de la exploración minera a nivel mundial, a partir de ese contexto nefasto para la minería en todo el mundo se comenzó con la estandarización de los procesos geológicos - económicos y se preparó nuevos reglamentos como los códigos mineros; en Canadá: NI-43-101, en Australia: JORC, en Sudáfrica: SAMREC, en Estados Unidos: SEC, en Gran Bretaña: IMM y se optó por la recomendación de nuevas prácticas como el QA/QC (Control y Aseguramiento de Calidad) que comprende desde el muestreo primario, muestreo secundario (preparación y análisis), interpretación geológica, ensayos de densidad, inserción de controles, hasta el registro y validación de la base de datos para evitar este tipo de casos a futuro.

Scogings, Andrews [4]; en un artículo titulado “Densidad de minerales industriales” del año 2015, señala que calcular la densidad de una muestra de roca es un parámetro no muy utilizado durante la etapa de exploración y explotación minera, en otras palabras, no se le presta la atención necesaria como a otras medidas como: el ancho de muestra en intersecciones de sondajes mineralizados, análisis químico de muestras que reflejan la parte económica del yacimiento.

Lipton y Horton [5], en el artículo titulado “Medición de la densidad aparente para la estimación de recursos: métodos, directrices y control de calidad” del año 2014, mencionan que existen tres factores fundamentales para realizar una adecuada estimación de recursos minerales las cuales son: la ley, el volumen y la densidad; es por ello que menciona que el cálculo de la densidad no recibe mucha atención con respecto a los datos geoquímicos

que utilizan datos derivados de prácticas de medición menos controladas en la minería.

Jaime Eduardo Casaverde Zambrano – Quality Person (QP) [2]; en su informe titulado “Validación de Recursos Minerales de la Mina San Vicente” del año 2019, recomienda utilizar el método de inmersión en cera en la mina San Vicente para incrementar el nivel de confianza de la estimación de recursos, antes el personal de geología realizó una campaña de muestreo con lo cual se elaboró y trabajó un gráfico que relaciona el peso específico y la ley de zinc en base a las muestras recolectadas. Estos valores fueron examinados por Jaime Casaverde (QP) y fueron insuficientes para ser tratadas estadísticamente, ya que se recopilaban muestras en todas las zonas para asignar un valor de densidad promedio en cada zona de la mina.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

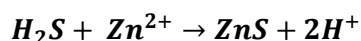
#### **2.1 MARCO TEÓRICO**

##### **2.1.1 Yacimiento Tipo Mississippi Valley (MVT)**

Los depósitos del tipo Valle del Mississippi, son depósitos de Zn-Pb que fueron localizados en la región del Valle del Río Mississippi en el centro de los Estados Unidos de América.

Los depósitos MVT a finales del siglo pasado aportaban con el 17% de las reservas de zinc y 16% de las reservas de plomo explotadas a nivel mundial (Singer, 1995). Del 2018 a la actualidad los depósitos MVT constituyen más del 50% de las reservas de zinc junto con los depósitos tipo Sedex y VMS (CRU Consulting, 2018).

El origen de los yacimientos Mississippi Valley Type (MVT) tiene diversos modelos genéticos, siendo el más aceptado el de la mezcla, el cual define el transporte por separado de los metales y del azufre, que produce la mineralización en el lugar donde ambos fluidos se combinan.



En la actualidad, hay un consenso entre los investigadores del mundo sobre la característica epigenética de la mineralización, y también de los mecanismos de flujo de los fluidos mineralizantes, el régimen tectónico al que corresponden y los procesos de precipitación; no obstante, existe un conjunto de aspectos básicos sobre la génesis de los iones de Zn<sup>+</sup>, Pb<sup>+</sup> que todavía son controversiales; debido a que no son extrapolables en la mayoría de los depósitos (Leach, 2011).

Las mineralizaciones denominadas como Mississippi Valley Type (MVT) son epigenéticas, normalmente estratoligadas, y están formadas a partir de soluciones hidrotermales de baja temperatura y presión, con o sin la presencia de hidrocarburos. En este apartado se incluyen todas aquellas mineralizaciones en las que la roca encajonante es carbonatada, independientemente de los minerales que la formen.

La morfología de los depósitos MVT puede ser muy variada, y consisten en mantos de reemplazamiento, masivos a bandeados; relleno de fracturas, a veces rellenando cavidades kársticas; cementando u ocupando la porosidad de antiguos biostromas o coralinos, etc. El crecimiento de minerales evaporíticos como el yeso y la anhidrita, junto con la dolomita, juegan un papel importante en la formación de estos depósitos.

En el Perú, este tipo de depósitos está representado principalmente por el Yacimiento San Vicente, seguido de los prospectos Shalipayco (Cerro de Pasco), Malpaso – Huallpachina (Junín), Bongará (Amazonas). Figura 2,1.

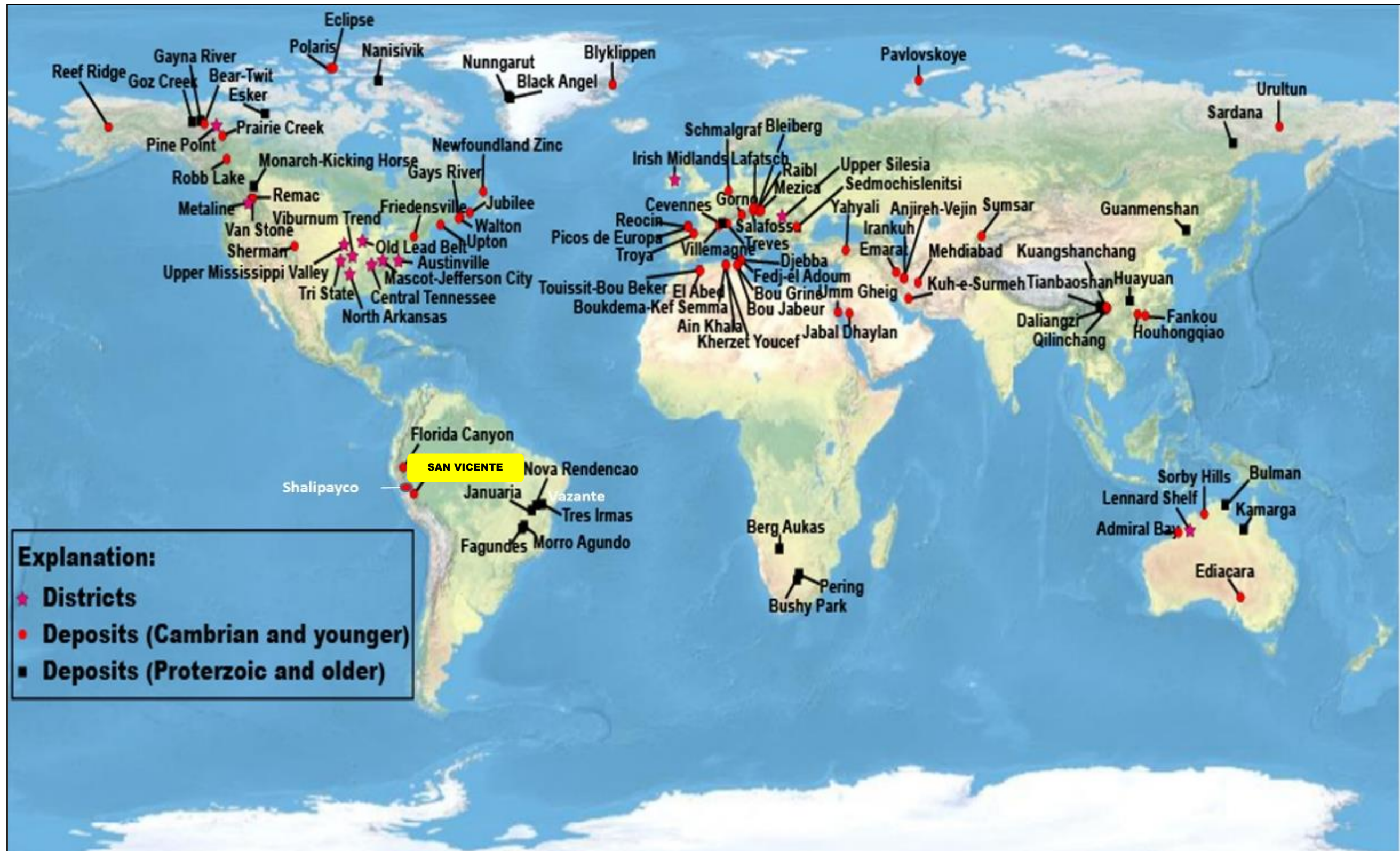


Figura 2,1 Distribución de yacimientos MVT en el mundo.

Fuente: "Elaboración Leach, et al, 2010"

### **Características Generales**

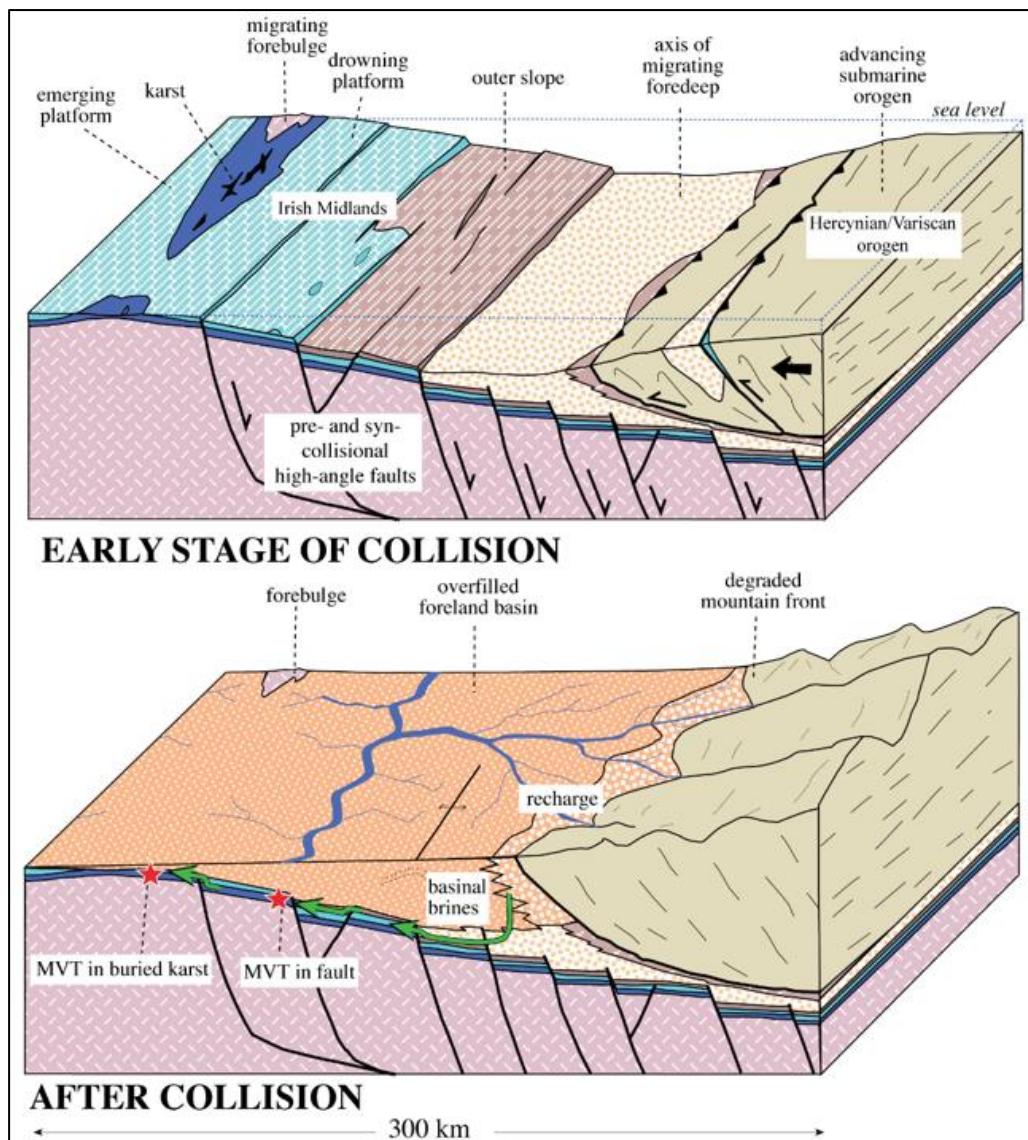
Leach et al. (2001a), Bradley & Leach (2003) relacionan enlaces genéticos entre la mineralización de los depósitos MVT y procesos tectónicos a escala regional y global. Los depósitos tipo MVT son el producto de enormes sistemas hidrotermales que mineralizan grandes áreas principalmente en los bordes de cuencas donde la migración de fluidos interactúa con rocas calcáreas.

En Norte América, los depósitos tipo MVT han sido atribuidos a una migración de fluidos de gran escala principalmente durante un proceso orogénico convergente. El modelo de flujo topográfico asociado con la migración de fluidos en un adecuado régimen tectónico puede describir mejor la mineralización de los MVT. Otros ejemplos en Australia, Europa y el norte de África atribuyen el mecanismo de migración de fluidos mineralizantes a ambientes compresivos.

Las principales características de los depósitos Mississippi Valley Type (Ohle, 1959, Kisvaransayi et al. 1983, Sangster 1983, Sverjensky 1986, entre otros) son:

- La mayoría de estos depósitos se encuentran alojados en rocas carbonatadas principalmente en dolomías y calizas.
- Las rocas carbonatadas no presentan metamorfismo.
- Son epigenéticos, estratoligados y los cuerpos presentan con frecuencia relictos de la misma roca hospedante, orientados en forma paralela a la orientación de los estratos. Figura 2,2.





**Figura 2,2 Contexto tectónico de un yacimiento MVT.**

**Fuente: "Elaboración Bradley and Leach, et al, 2003"**

- Genéticamente no están asociados con actividad hidrotermales de origen magmático.
- Se localizan en o cerca de las orillas de cuencas sedimentarias o sobre pilares tectónicos o arcos entre tales cuencas.
- Están asociados a regímenes tectónicos tanto compresionales (USA) como extensionales (algunos depósitos europeos, Mexico, etc).

- En muchos distritos, estos depósitos están acompañados de hidrocarburos, a menudo bajo la forma de bitumen o bien en inclusiones fluidas de hidrocarburos líquidos y sólidos atrapados en los minerales que constituyen el depósito.
- La distribución de estos depósitos suele estar controlada por elementos estratigráficos, límites litológicos, cambios de facies, distribución de la porosidad, karst, permeabilidad, controles estructurales (fracturas, cabalgamientos, brechas tectónicas), localizándose siempre en unos niveles determinados, de ahí su carácter estratoligado.
- Su formación se da a poca profundidad (generalmente menor a 1.5 Km.) a menudo en zonas de altos estructurales.
- Existen evidencias de disolución de la roca carbonatada hospedante, con la formación de brechas y texturas de colapso.
- Consisten en reemplazamientos bandeados, geodas o filones, pero siempre, el mismo depósito está estrictamente delimitado a un solo horizonte estratigráfico.
- Las brechas y vetillas están cementadas con la misma mineralización que conforma el cuerpo mineralizado.
- Son mineralizaciones epigenéticas de sulfuros de zinc y plomo (esfalerita y galena), acompañados de sulfuros de hierro (como la pirita y marcasita), y carbonatos (calcita y dolomita). Pueden también aparecer baritina, fluorita, calcopirita y cuarzo que pueden llegar a ser localmente abundantes o, en algunos casos llegar a constituir la mayor parte de la mineralización. La relación  $Zn/(Zn+Pb)$  suele estar comprendida entre 0.6 a 1 y casi siempre se cumple que  $Zn > Pb > Ag > Cu$ .



- Textualmente, los sulfuros muestran una gran variedad, desde reemplazamientos coloidales de tamaño de grano muy fino hasta cristales centimétricos ocupando cavidades. Las texturas indicativas de precipitación rápida (coloformes, dendríticas, esqueléticas) pueden ser predominantes en algunos depósitos.
- El origen del azufre está relacionada a ambientes reductores y casi siempre asociado a una fuente evaporítica (evaporación de agua marina; lavado de evaporitas), aunque el amplio rango de composiciones que suelen observarse en algunos depósitos sugiere que esta composición puede estar modificada por procesos de oxidación/reducción en presencia de materia orgánica.
- La reconstrucción del grosor total de sedimentos por encima de la mineralización en el momento en que esta se formó, juntamente con un gradiente geotérmico anómalo, permiten calcular temperaturas en el área mineralizada.
- La paragénesis mineral es pobre en número de especies minerales y químicamente muy sencilla. (Zn – Pb), pirita, marcasita, dolomita, calcita.

## **2.1.2 Recursos y Reservas Minerales**

### **2.1.2.1 Recursos Minerales**

Son concentraciones u ocurrencias de material de interés económico intrínseco que existen de manera natural en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica, a partir de la concentración, sea actual o potencialmente factible. La ubicación, cantidad de ley, características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen o estiman o interpretan a partir de información, evidencias y conocimiento geológicos específicos, con alguna contribución de otras disciplinas. Se dividen en orden de confianza geológica creciente en las categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.

#### **Recursos Minerales Inferidos**

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un bajo nivel de confianza. Se le infiere o asume de evidencia geológica y/o de leyes asumidas, pero no verificadas. El estimado se basa en información reunida con técnicas adecuadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros, la cual puede ser limitada o de calidad - fiabilidad incierta.

#### **Recursos Minerales Indicados**

Parte de un Recurso Mineral cuyo tonelaje, forma, características físicas, densidad, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros. Los lugares están

demasiado o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas.

La confianza en el estimado pese a ser menor que en el caso de los Recursos Medidos, es suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de prefactibilidad económica.

### **Recursos Minerales Medidos**

Parte de un Recurso Mineral cuyo tonelaje, densidad, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. El estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, trincheras, piques, beneficios y taladros. Los lugares están espaciados con proximidad suficiente para confirmar la continuidad geológica y/o la de leyes.

La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica.

#### **2.1.2.2 Reservas Minerales**

Es la parte económica y legalmente extraíble de un Recurso Mineral Medido o Indicado y que incluye materiales de dilución y descuentos por las mermas que pueden ocurrir durante el minado. Requiere haber efectuado evaluaciones que pueden incluir estudios de prefactibilidad o factibilidad

considerando los factores de minado, procesamiento, metalurgia, economía, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales asumidos en forma realista.

El término económico implica que se ha podido establecer o demostrar analíticamente que es posible una extracción o producción rentable, bajo hipótesis definidas de inversión. Las hipótesis deberán ser razonables, incluyendo los supuestos relacionados con los precios y costos que prevalecerán durante la vida del proyecto. La evaluación dinámica de las operaciones implica que un cálculo válido efectuado en un momento dado puede cambiar significativamente cuando se dispone de nueva información.

El término legalmente implica que no debería haber incertidumbre en lo que respecta a los permisos necesarios para el minado y el procesamiento de los minerales, ni tampoco con la resolución de asuntos legales que estuvieran pendientes. En ciertas circunstancias, las Reservas Minerales previamente reportadas podrían revertir a Recursos Minerales. Su reclasificación no debe aplicarse cuando se prevé que los cambios serán temporales, de corta duración o cuando la Gerencia decide operar a corto plazo en forma no económica. Ejemplos de estas situaciones son la caída del precio del producto que se espera sea de corta duración, emergencia temporal en la mina, huelga de transportes, etc. Se dividen en orden de confianza creciente en Reservas Probables y Reservas Probadas.

### **Reservas Minerales Probables**

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Esta Reserva incluye los materiales de dilución y los materiales por mermas que puedan ocurrir

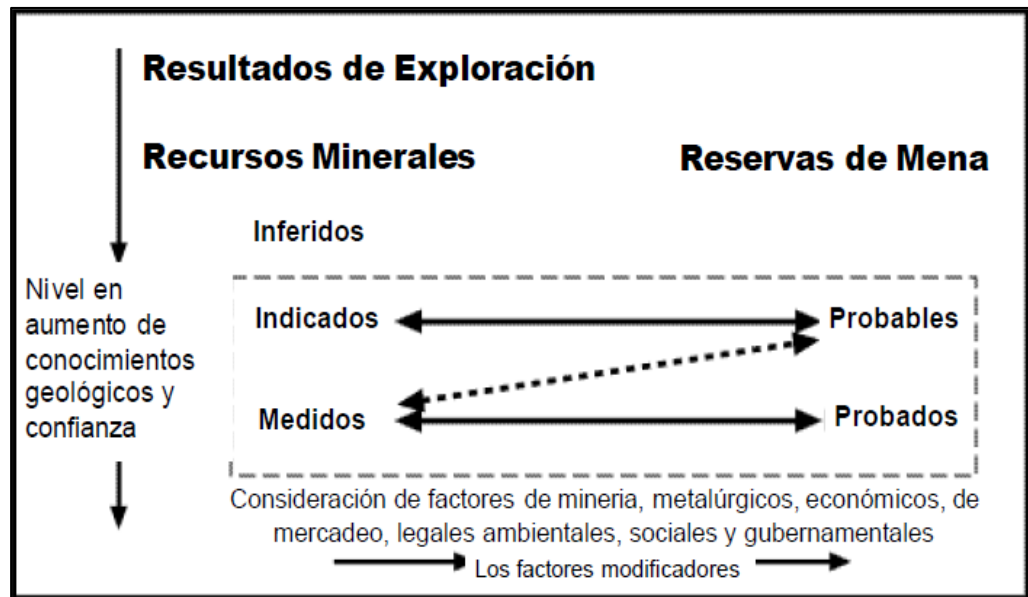
durante la explotación. Implica evaluaciones a nivel de un estudio de prefactibilidad o factibilidad con las consideraciones respecto a los factores económicos modificadores; estas evaluaciones demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente en el momento del informe.

Una Reserva Mineral Probable tiene menos confianza que una Reserva Mineral Probada y su estimado debe tener la calidad suficiente como para servir de base a decisiones sobre compromisos mayores de capital y al desarrollo final del yacimiento. Sin embargo, requiere mayor información para demostrar la continuidad geológica y su ley.

### **Reservas Minerales Probadas**

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Medido e incluye los materiales de dilución y descuentos por mermas durante la explotación. La aplicación de la categoría de Reserva Mineral Probada implica el más alto grado de confianza en el estimado y se asume que existe suficiente información disponible para demostrar razonablemente la continuidad geológica y la ley.

Involucra efectuar evaluaciones de prefactibilidad o factibilidad en las que se consideran las modificaciones por factores realistas de minado, metalúrgicos, económicos, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción es viable al momento del informe. Normalmente involucra al material que se está minando y para el cual hay un plan de mina detallado. En ningún caso los Recursos Minerales Indicados podrían convertirse directamente en Reservas Minerales Probadas. Figura 2,3.



**Figura 2,3 Código de Australasia para informar sobre recursos y reservas minerales.**

Fuente: "Elaboración código de JORC"

### 2.1.3 Inventario de Recursos y Reservas Minerales

Es el informe en el que se da a conocer la estimación cuantitativa de los tonelajes y leyes de un yacimiento de acuerdo a su valor, certeza y accesibilidad que incluye a los minerales de interés económico, como los recursos y reservas minerales, así como a otros que no lo tienen en el momento de la estimación.

El objetivo es definir las reservas, recursos y otros minerales de un yacimiento, así como su distribución, a fin de planear su explotación o ampliar la escala de producción para un tiempo determinado cuando se trata de reservas minerales. La estimación de recursos minerales es importante porque con un estudio de factibilidad pueden convertirse en reservas y por lo tanto proceder a su explotación. La estimación de otros minerales, pues no tienen valor económico, es necesaria, porque una subida de los precios y el

uso de nuevas tecnologías puede convertirlos en reservas, por lo tanto, estarán sujetos a explotarse o permitir una ampliación.

Su importancia radica en que los recursos y reservas minerales pueden garantizar, además de la vida operativa, un mayor financiamiento para una posible ampliación u optimización de la operación con la inversión en compra de equipos de mina o planta.

### **Criterios**

El inventario de recursos y reservas minerales se basa en algunos criterios para su elaboración que se detallan a continuación:

- El desarrollo y evaluación de activos mineros son una plataforma común de conceptos claros y una nomenclatura estándar sobre criterios y prácticas que respalden los procesos de exploración y explotación de yacimientos.
- Tradicionalmente se han clasificado las reservas siguiendo unas veces criterios geométricos y otras, criterios que tienen en cuenta las relaciones espaciales; aspectos geológicos tales como hábito, tipo y mineralogía del yacimiento; fuente de los datos, grado de conocimiento geológico y finalmente el tipo de razonamiento inductivo o deductivo que ha sido utilizado en el análisis de los datos.
- Para evitar la propagación de reportes geológicos sin sustento técnico, la comunidad especializada ha creado reglas precisas para hacer la estimación de recursos y reservas mineras de manera aceptable para el mercado internacional principalmente bursátil mediante la aplicación del código, el cual viene a ser el código JORC como también el uso de servicios de

profesionales calificados para la elaboración de dichos reportes Quality Person (QP).

#### **2.1.4 Código JORC**

El Código Australiano Joint Ore Reserves Committee (JORC) establece los estándares mínimos, recomendaciones y normas para la información pública de resultados de exploraciones en Australia. Ha sido redactado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena, constituido en 1971 y ha publicado varios informes haciendo recomendaciones sobre la clasificación e información pública de Reservas de Mena antes de la primera publicación del Código JORC en 1989. Ha sido adoptado por la bolsa de valores de Lima en méritos a la delegación de facultades conferidas por la Comisión Nacional Supervisora de Empresas y Valores (CONASEV) e incorporado en su lista de normas.

#### **Principios del Código JORC**

Son aquellos que cumple cualquier entidad sujeta a este código y que tenga la necesidad de realizar un inventario de recursos y reservas minerales son los siguientes:

- **Transparencia:** Exige que se le proporcione al lector un informe de dominio público con suficiente información, cuya presentación sea clara y no ambigua, para que el interesado pueda comprender el informe y no sea inducido a error.
- **Relevancia:** Exige que un informe de dominio público contenga toda la información relevante, tal que los inversionistas y sus asesores



profesionales pudieran requerir, y que esperarían encontrar en el informe un juicio razonado y balanceado acerca de la mineralización.

- **Competencia:** Exige que un informe de dominio público se base en un trabajo que es responsabilidad de una persona debidamente calificada y experimentada sujeta a un código de ética profesional.

El código de JORC se aplica a todos los minerales de uso comercial, incluyendo piedras preciosas y carbón, para lo cual la Bolsa de Valores de Lima requiere la presentación de informes de dominio público con los resultados de exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales.

### **Resultados de Exploración**

Contiene información sobre tonelaje/ley, información relevante como intervalos de muestreo y métodos, ubicación de muestras, datos de ensayos, análisis de laboratorio, etc.

### **Lista de Verificación**

Se considera la situación de la pertenencia minera y propiedad del terreno, exploración realizada por otras partes, relación entre los anchos y longitudes de minerales, informe equilibrado, datos sustentados de exploración.

### **Reporte de Reservas Minerales**

Se reporta el nivel de confianza de la estimación de recursos y reservas minerales incluye los materiales de dilución y tolerancias que puedan producirse por pérdidas en la explotación del material.

### 2.1.5 Fundamentos para calcular la gravedad específica

La gravedad específica es una propiedad física, que para el caso de una mina o proyecto minero es usada como un dato para obtener la estimación de recursos de una zona mineralizada.

#### Densidad Relativa

Se le conoce como gravedad específica, es la comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia. Se expresan en las mismas unidades y en iguales condiciones de temperatura y presión. Es adimensional se usa para calcular el volumen ocupado por un material, queda definida como el cociente de dos densidades, resultando:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Donde:

$\rho_r$  = Densidad relativa.

$\rho$  = Densidad absoluta.

$\rho_0$  = Densidad de referencia.

Se puede calcular la densidad relativa como el cociente entre las masas de idénticos volúmenes de la sustancia problema y de la sustancia de referencia.

$$\rho_r = \frac{\frac{m_s}{V}}{\frac{m_0}{V}} = \frac{m_s}{m_0}$$

Donde:

$\rho_r$  = Densidad relativa.

$m_s$  = Masa sólida.

$m_0$  = Masa de referencia.

V = Volumen.

### Variaciones de densidad

La densidad de una sustancia varía cuando cambia la presión o la temperatura, también por los cambios de estado que se han establecido empíricamente:

- Cada vez que aumenta la presión, la densidad de cualquier material estable también aumenta, notablemente en los gases, casi inapreciablemente en líquidos y sólidos.
- Al aumentar la temperatura, la densidad disminuye (si la presión permanece constante). Sin embargo, existen notables excepciones a esta regla. Por ejemplo, la densidad del agua dulce crece entre el punto de fusión (a 0 °C) y los 4 °C; algo similar ocurre con el silicio a bajas temperaturas.

El efecto de la temperatura y la presión en los sólidos y líquidos es muy pequeño, por lo que típicamente la compresibilidad de un líquido o sólido es de  $10^{-6} \text{ bar}^{-1}$  (1 bar=0,1 MPa) y el coeficiente de dilatación térmica es de  $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ . La densidad de los gases se ve notablemente afectada por la presión y la temperatura. La ley de los gases ideales describe matemáticamente la relación entre estas tres magnitudes. Figura 2,4.

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

Donde:

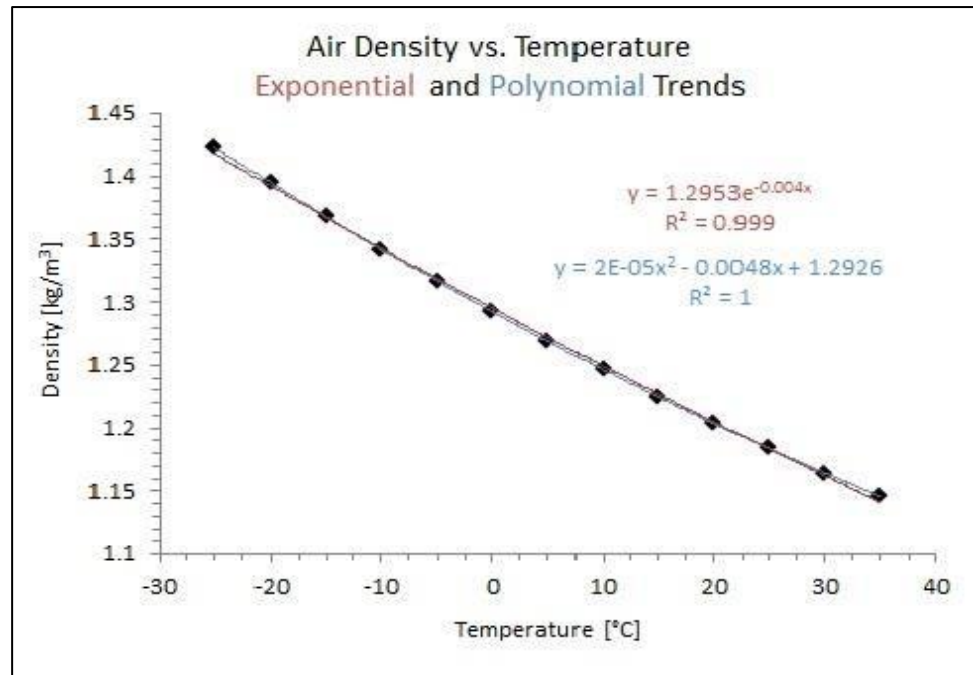
$\rho$  = Densidad.

P = Presión.

M = Masa molar.

R = Constante universal de los gases ideales.

T = Temperatura.



**Figura 2,4 Correlación entre Densidad vs Temperatura.**

**Fuente: "Elaboración Duarte y Gomes, 2002"**

La densidad relativa también puede ser obtenida por análisis de una sección delgada de la roca en un microscopio, esto permite la evaluación de la constitución mineralógica de la roca y de la proporción del volumen que cada tipo de mineral ocupa, con lo cual se pueda obtener un dato que sirva para estimar los recursos minerales de un yacimiento minero. Tabla 2,1.

$$G = \sum_{i=1}^n G_i V_i$$

Donde:

$G_i$  = Densidad relativa del constituyente mineral "i".

$V_i$  = Porcentaje de volumen de la sección ocupado por el constituyente mineral "i".

**Tabla 2,1 Valores de densidad relativa por mineral.**

<b>Mineral</b>	<b>Densidad Relativa (G)</b>
Anhidrita	2.9 – 3.0
Barita	4.3 – 4.6
Biotita	2.8 – 3.1
Calcedonia	2.6 – 2.64
Caliza	2.6 – 2.8
Clorita	2.6 – 3.0
Cuarzo	2.65
Dolomita	2.7 – 3.1
Esfalerita	3.6 – 4.0
Feldespato K	2.5 – 2.6
Feldespato NaCa	2.6 – 2.8
Galena	7.4 – 7.6
Pirita	4.9 – 5.2
Magnetita	4.4 – 5.2
Piroxeno	3.2 – 3.6
Yeso	2.3 – 2.4

**Fuente: “Elaboración Vargas Jr., et al, 1992”**

### Densidad Absoluta

Crespo Villalaz (1980) nos dice que la densidad o densidad absoluta de un cuerpo ( $\rho$ ) se define como la magnitud que expresa la relación entre la masa de dicho cuerpo (M) y el volumen de una sustancia (V) que lo contiene.

Es una propiedad elemental y fundamental de los materiales, relacionada con la naturaleza de sus constituyentes y la existencia de espacios vacíos entre ellos. En el Sistema Internacional su unidad es kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ), también es expresada en  $\text{g/cm}^3$ .

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad

M = Masa

V = Volumen

### Densidad Aparente

Es la relación entre el peso de un material y su volumen, representa la porosidad de la roca, así como en la fractura. Las principales consideraciones para la toma de muestras son litología y mineralización con el fin de calcular la densidad de cada material en función de sus características y la forma como se presenta en la naturaleza.

Según Crespo Villalaz (1980) nos dice que la densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales de constitución heterogénea, y porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia, de forma que la densidad total de un volumen del material es menor que la densidad del material poroso si se compactase.

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ap}}{V_{ap}} = \frac{m_r + m_{aire}}{V_r + V_{aire}}$$

Donde:

$\rho_{ap}$  = Densidad aparente.

$m_{ap}$  = Masa aparente.

$V_{ap}$  = Volumen aparente.

$m_r$  = Masa de roca.

$m_{aire}$  = Masa de aire.

$V_r$  = Volumen de roca.

$V_{aire}$  = Volumen aire.

La densidad aparente de un material no es una propiedad intrínseca del material, depende de su compactación. La densidad aparente del suelo ( $\rho_{ap}$ ) se obtiene secando una muestra de suelo de un volumen conocido a 105 °C hasta peso constante.

$$\rho_{ap} = \frac{W_{ss}}{V_s}$$

Donde:

$W_{ss}$  = Peso de suelo secado a 105°C hasta peso constante.

$V_s$  = Volumen original de la muestra de suelo.

Se debe considerar que para muestras de suelo que varíen su volumen al momento del secado, como suelos con alta concentración de arcillas de estructura molecular tipo 2:1 (muchas capas de tetraedros), se debe expresar el contenido de agua que poseía la muestra al momento de tomar el volumen. En general, la densidad de una sustancia varía cuando cambia la presión o la temperatura, y en los cambios de estado. En particular se ha establecido empíricamente:

- Cuando aumenta la presión, la densidad de cualquier material estable aumenta, notablemente en los gases, casi inapreciablemente en líquidos y sólidos.

Se puede utilizar otra propiedad física como el peso específico para obtener un dato que permita estimar los recursos minerales de un yacimiento.

### **Peso Específico**

Duarte y Gomes (2002) nos dicen que el peso específico está relacionado directamente al estado de tensiones verticales de la litosfera terrestre y es una propiedad importante en la ingeniería. Esta propiedad fortalece la información sobre la mineralogía o los constituyentes del grado de alteración (cuanto mayor sea el grado de alteración es menor el peso específico).

El peso específico seco tiene influencia directa en la resistencia o dureza y en la plasticidad o deformabilidad (propiedades mecánicas) de las rocas. Tanto la resistencia a la compresión como el módulo de elasticidad aumentan con el valor de la densidad o peso específico.

La diferencia entre estos dos valores recae en la gravedad, ya que en el peso específico como su nombre lo dice “Peso” resulta de la multiplicación de la masa por la gravedad que afecta a esta, mientras que la densidad solo utiliza la masa sin considerar la gravedad.

$$\gamma = \frac{P}{V} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico.

P = Peso del material.

$\rho$  = Densidad.

m = Masa.

V = Volumen.

#### **2.1.5.1 Métodos para la determinación de la gravedad específica**

En la industria minera se requiere de tres parámetros para estimar recursos, la ley, el tonelaje este debe ser estimado con mayor exactitud, y la densidad que es importante para convertir el volumen medido de la roca (mineral o



desmonte) en tonelaje, para ello se relaciona las fórmulas teóricas de las densidades que se calculan con los métodos enunciados a continuación:

- **Método por Inmersión en Cera**

Este método tiene un procedimiento estandarizado bajo norma ASTM que inicia con el secado de la muestra, luego se pesa la muestra al aire, se recubre con cera, se vuelve a pesar la muestra recubierta en cera al aire y se sumerge en agua, finalmente se pesa la muestra bajo agua. Se tiene en consideración el tipo de muestra como:

**Muestras de Roca**

Las muestras tomadas son testigos de perforación diamantina, la gravedad específica del material evaluado es numéricamente equivalente a la densidad aparente.

$$D_{ap} = \frac{A}{\left(\frac{B-C}{D_a}\right) - \left(\frac{B-A}{D_p}\right)}$$

Donde:

$D_{ap}$  = Densidad aparente del material (g/cm<sup>3</sup>).

A = Peso seco en aire.

B = Peso seco recubierto con cera en aire.

C = Peso seco recubierto con cera en agua.

$D_p$  = Densidad de la cera, parafina (aproximadamente 0.90 g/cm<sup>3</sup>).

$D_a$  = Densidad del agua (1.00 g/cm<sup>3</sup>).

**Muestras Arcillosas (Laterita, Bauxita, etc.)**

Se invierte la secuencia con respecto a las muestras de roca, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D_{ap} = \frac{A}{\left(\frac{E-F}{D_a}\right) - \left(\frac{E-G}{D_p}\right)}$$

Donde:

$D_{ap}$  = Densidad aparente del material.

A = Peso seco no cubierto en aire.

E = Peso húmedo cubierto en aire.

F = Peso húmedo cubierto bajo agua.

G = Peso húmedo no cubierto en aire.

$D_p$  = Densidad de la cera, parafina (aproximadamente 0.90 g/cm<sup>3</sup>).

$D_a$  = Densidad del agua (1.00 g/cm<sup>3</sup>).

#### - Método del Picnómetro

Esto permite medir la densidad de un fluido, en referencia a la de un fluido de densidad conocida, como el agua o el mercurio. Si el frasco se pesa vacío, luego lleno de agua, y luego lleno del líquido en cuestión, la densidad de éste puede calcularse sencillamente por regla de tres simple. Este método no es apropiado para medir la densidad aparente, pues sólo mide la densidad de las partículas finamente pulverizadas.

#### - Método del Tubo de Pared Fina

Se usa para determinar la densidad aparente en muestras de material friable (arenas, arcillas, relaves). Figura 2,5.

$$D_{ap} = \frac{P_s}{V_i}$$

Donde:

$D_{ap}$  = Densidad aparente del material.

$P_s$  = Peso de la muestra seca.

$V_i$  = Volumen interior del tubo.



**Figura 2,5 Extracción de muestra por método del tubo de pared fina.**

**Fuente: “Elaboración QP. Armando Simons, 2018”**

#### - Método del Pie de Rey

Este método calcula el volumen del testigo por medición del diámetro con un pie de rey. Se usa para determinar la densidad aparente en muestras de testigo compacto. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$D_{ap} = \frac{P_s}{0.25 \cdot \pi \cdot \varphi^2 \cdot L}$$

Donde:

$D_{ap}$  = Densidad aparente del material.

$P_s$  = Peso seco.

$\varphi$  = Diámetro del testigo.

L = Longitud.

- **Método de Determinación de Densidad In Situ**

Se usa para determinar la densidad aparente en condiciones naturales.

**Relleno con agua:** se cubre la superficie interior de la cavidad con plástico fino, y se rellena de agua, midiendo el volumen de agua vertida directamente mediante una probeta graduada.

$$D_{ap} = \frac{P_s}{\frac{(P_i - P_f)}{D_{ag}}}$$

Donde:

$D_{ap}$  = Densidad aparente del material.

$P_s$  = Peso seco del material.

$P_i$  = Peso inicial.

$P_f$  = Peso final.

$D_{ag}$  = Densidad del agua.

**Relleno con arena:** Se rellena la cavidad con arena de granulometría muy uniforme, cuya densidad  $D_{ar}$ , se usa la siguiente fórmula: Figura 2,6.

$$D_{ap} = \frac{P_s}{\frac{(P_i - P_f)}{D_{ar}}}$$

Donde:

$D_{ap}$  = Densidad aparente del material.

$P_s$  = Peso seco del material.

$P_i$  = Peso inicial.

$P_f$  = Peso final.

$D_{ar}$  = Densidad de arena.



**Figura 2,6 Procedimiento para determinar la densidad in situ.**

**Fuente: “Elaboración QP. Armando Simons, 2018”**

**- Método Gamma – Gamma Espectral**

Se utiliza para determinar la densidad aparente mediante el bombardeo de las paredes del sondaje con radiación gamma primaria y la lectura de la radiación gamma secundaria emitida por la roca circundante. Este método ha sido históricamente muy empleado en la exploración petrolera. Su uso en la exploración mineral está extendido en Australia, y en los últimos tiempos ha comenzado a difundirse en otras regiones. La densidad aparente está en dependencia de varios factores, principalmente la porosidad, el contenido de agua (u otros fluidos), y la composición mineralógica. Las variaciones de densidad en las rocas ígneas y metamórficas se deben, en lo fundamental, a variaciones en su composición mineralógica.

- Los minerales máficos tienen densidades más elevadas que los minerales félsicos.
- Los minerales que contienen elementos pesados (como hierro y metales básicos) incrementan la densidad de la roca.

En las rocas sedimentarias, las variaciones de densidad pueden resultar de diferentes grados de compactación.

- Por lo general, las zonas con fracturas abiertas interceptadas por se caracterizan por valores menores de la densidad aparente.

Otros métodos para determinar la densidad son los siguientes:

- Método de Caldwell (sondaje de gran diámetro)
- Método indirecto (peso teórico del metraje total contra volumen ideal).
- Estimación de la densidad a partir de la composición química (leyes de Pb y Zn en sulfuros masivos y de Fe en menas ferrosas, contenido de ceniza en carbones).

### **2.1.6 Estimación de recursos por el método teórico en San Vicente**

Los resultados de la estimación de recursos minerales se vienen dando con los valores de gravedad específica obtenidos por el método teórico que relaciona el peso específico con la ley de zinc, esto se ha mantenido vigente debido a que los resultados obtenidos con esta fórmula son aceptables para la producción en la mina San Vicente obtenida desde la fecha de su implementación.

A partir del siguiente gráfico (Figura 2,7) se ha obtenido la ecuación lineal que indica la relación entre densidad y ley equivalente de Zinc:

$$\text{Peso Específico} = 2.703 + (0.024 \times \text{Ley de Zinc})$$

Esta ecuación relaciona de manera directamente proporcional la ley de zinc con el peso específico, es decir; mayor sea la ley de zinc mayor es el valor del peso específico.

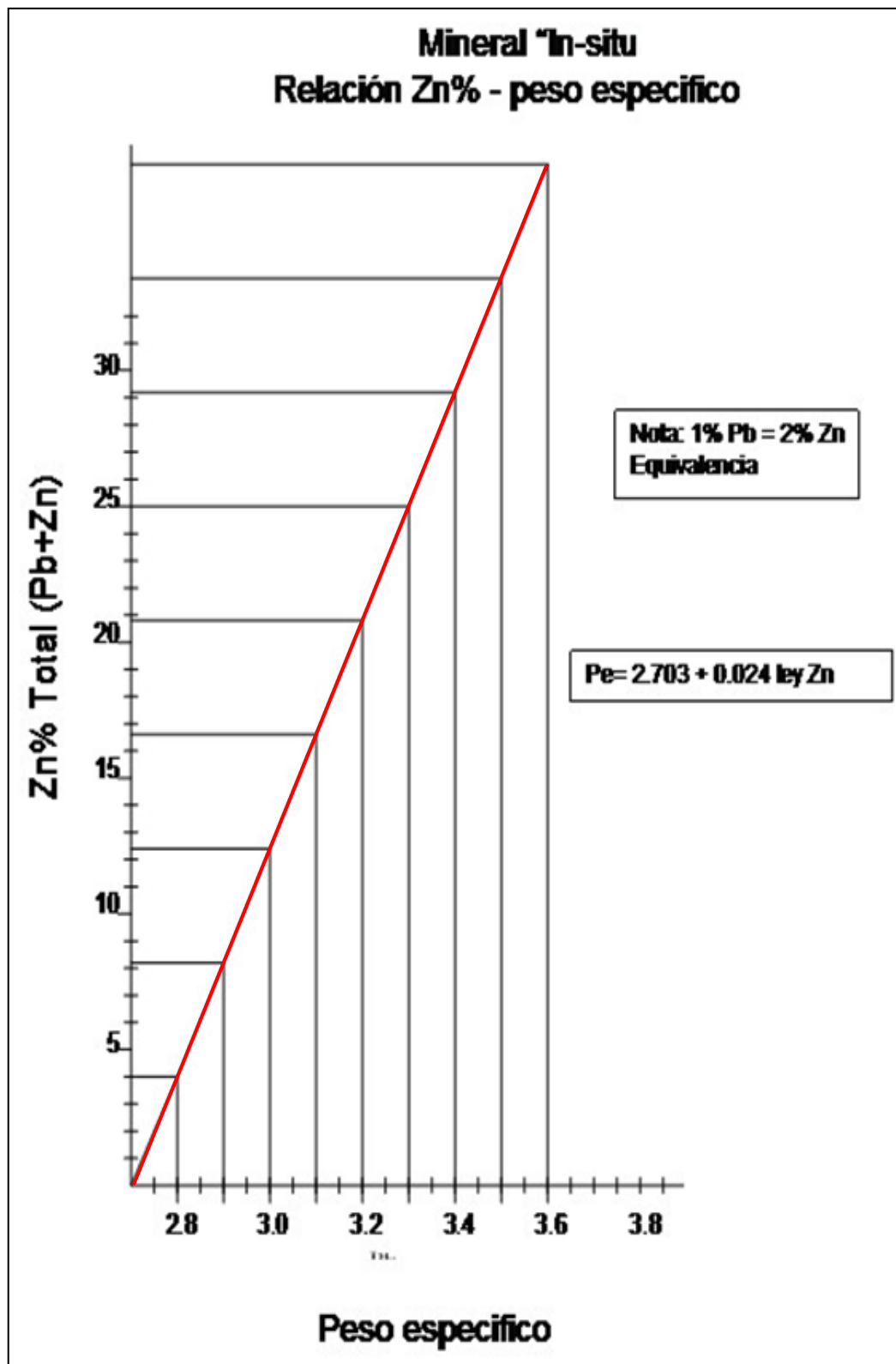


Figura 2,7 Relación peso específico vs ley de zinc.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



Hasta el 2019, en la mina San Vicente se había utilizado el método tradicional de estimación de recursos, del inverso a la distancia que consistía en asignar el mayor peso específico a las muestras cercanas y menor peso específico a las muestras alejadas del bloque para luego ponderar con las leyes por el inverso a la distancia al cuadrado.

Actualmente se está implementando un estudio detallado de la gravedad específica mediante la obtención de muestras de mineral y desmonte con la finalidad de zonificar la mina y obtener parámetros que sustenten mejor la estimación de recursos minerales.

#### **2.1.6.1 Criterios de la estimación de recursos en San Vicente**

##### **A. Bloques de Cubicación**

En la mina San Vicente, los bloques de cubicación tienen el objetivo de delimitar las zonas, dentro del modelo estimado, que serán reportadas como recursos con tonelaje y ley. Estos bloques son definidos para cada manto estimado, y está representado por el contorno que se visualiza en la sección longitudinal a lo largo del manto, está identificado por un Numero de BLOCK la cual tendrá su hoja de reporte de los recursos de mineral en sus tres categorías de Medido, Indicado e Inferido. Figura 2,8.

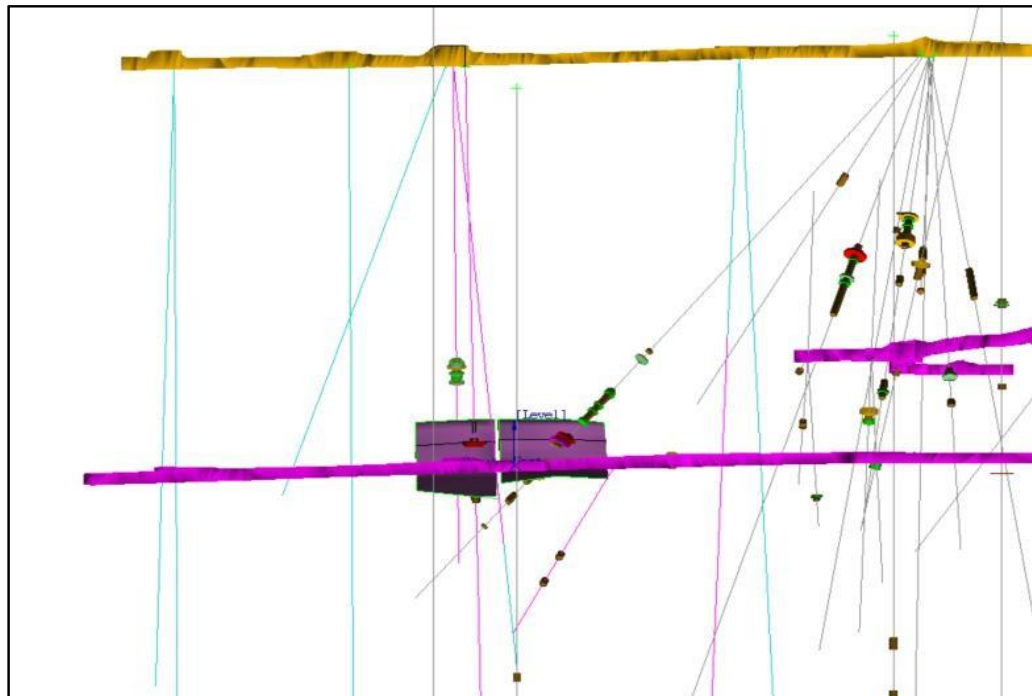


Figura 2,8 Vista de sección del manto Jesús zona de Arcopunco.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

## B. Estimación de Leyes

En la mina San Vicente se efectúan trabajos de perforación diamantina con la finalidad de interceptar zonas mineralizadas y obtener mayor información de la mina, para ello se realiza el logeo de cores posterior a ello los sondajes con presencia de mineralización son muestreados y los tramos seleccionados son enviados al laboratorio de la compañía para obtener resultados de leyes de la zona mineralizada, cuando se conoce con exactitud los valores de las leyes se hace un cálculo del valor de mineral para conocer si explotar esa zona es rentable y cubre los costos de producción cuando se comience con la extracción del mineral y su venta.

### **Muestreo de Cores – DDH**

Los sondajes de perforación diamantina cortan un cilindro de roca de diferentes diámetros. Este cilindro denominado “testigo” o “core”, proporciona información valiosa como litología, alteración, mineralización, estructura. Estos testigos generalmente son cortados longitudinalmente en dos, en la que una fracción constituye la muestra y la otra se almacena como contramuestra.

- Durante el logueo se verifica la integridad y recuperaciones de las muestras, identificando situaciones correctas (testigos recuperados íntegramente) y situaciones incorrectas (testigos fragmentados).
- Se juntan las piezas de testigo rotas, con el fin de alinear las fracturas naturales, juntas y rupturas mecánicas eliminando cualquier espacio artificial o aberturas en el testigo. De ser necesario se rota el testigo preparándolo para establecer la línea de corte.
- Se separan tramos de acuerdo a sus características (Litología, Mineralización, Estructural y/o Alteración) para lo cual el geólogo marca los tramos a muestrear. Si la situación es correcta, el geólogo traza una línea de corte, definiendo la representatividad entre la muestra y la contramuestra.
- Los tramos de los testigos marcados se cortan cuidadosamente por la mitad, siguiendo la línea trazada por el geólogo a lo largo del testigo.
- En el caso de los testigos fragmentados que por su naturaleza ya están en una situación incorrecta, la selectividad de la muestra se realiza procurando obtener la máxima representatividad entre la muestra y la contramuestra.

- Se embolsa y etiqueta la muestra. Luego se procede al llenado de talón o tarjeta de muestreo correspondiente para finalmente enviarlas al laboratorio de la mina.

### **QA/QC de la data geológica**

El QA/QC implementado en la mina San Vicente, tiene por finalidad detectar los problemas (cuando ellos ocurren, incluso si se siguen fielmente los protocolos de trabajo) y evaluar sus posibles efectos, tomando oportunamente las medidas correctivas. Se materializa mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras con la finalidad de evaluar la precisión, exactitud y contaminación en el muestreo de mina y testigos de perforación diamantina.

### **Laboratorio**

El Laboratorio Químico de la mina San Vicente cuenta con la certificación ISO 14001:2010 y OHSAS 18001:2007. Además, cuenta con protocolos para la preparación y el análisis de muestras. En la preparación de muestras, provenientes de la mina subterránea (canales) y la perforación diamantina, la preparación de muestras está a cargo del Laboratorio Analítico quien recepciona las muestras verificando la conformidad de las mismas para luego generar su hoja de trabajo "worksheet", luego las muestras son depositadas en bandejas de acero inoxidable sobre papel "Kraft" y se procede con el secado, posteriormente son chancadas a malla 10. El análisis de muestras provenientes de los testigos de perforación es analizado por absorción atómica.

### **Valor de Mineral (NSR)**

Para asignar el valor de mineral de los bloques se tomó el valor punto del Zinc y Plomo a un precio de 2,650 US\$/TMF. El cálculo del valor de mineral viene expresado mediante la siguiente formula:

$$\text{NSR} = 16.05 \times \text{ZNKG} + 11.07 \times \text{PBKG}$$

Donde:

- **ZNKG** es el porcentaje de la ley de Zn estimado por el método del Krigeage
- **PBKG** es el porcentaje de la ley de Pb estimado por el método del Krigeage.

### **C. Interpretación Geológica**

Este trabajo lo realizan los geólogos de ore control y geólogos de exploración, se utilizan planos a escala 1:500 (vistas de plantas y secciones transversales), información proveniente del cartografiado geológico (mapeo) de labores y, teniendo claramente definidos los controles de mineralización, el geólogo procede a realizar la interpretación, correlación y delimitación de los recursos minerales, se pintan los mapeos según al porcentaje de ley de Zn. es decir, toda aquella concentración de mineral existente en el yacimiento con la forma, cantidad y calidad.

Planos en planta y secciones transversales, tres juegos de planos se elaboran de la siguiente manera:

- El primer juego, corresponde a vistas en planta que coinciden con las cotas de las galerías de preparación, esto con la data de los mapeos geológicos en interior mina.

- El segundo juego, corresponde a secciones transversales sistemáticas S 80° E, con intervalos de 15m.
- Adicionalmente se elaboran secciones auxiliares si el caso lo amerita (a lo largo de los ejes de los taladros de perforación diamantina).

La información necesaria en los planos mencionados es:

- Información topográfica actualizada de las labores subterráneas (niveles, galerías de exploración y preparaciones). Esta data se actualiza en el Vulcan y en el DownHole, del cual se sacan secciones tanto transversales y adicionales de acuerdo al requerimiento del geólogo.
- Información de los taladros de perforación diamantina ejecutados, con rangos de ley de Zn y Pb, con sus collares debidamente georeferenciados.
- Información de muestreo geológico (canales), con rangos de ley de Zn, debidamente georeferenciados.
- Información litológica, alteraciones, fallamientos, fracturamiento, zoneamiento, etc.

### **Validación de Interpretaciones**

Se realiza con la combinación de las dos vistas principales, secciones transversales y vistas de plantas, siendo las ultimas los planos de control para las primeras. Los contornos interpretados en las secciones transversales son ajustados a los contornos de las vistas en planta de los niveles y/o subniveles. Utilizando del software de modelamiento geológico (Vulcan), se hacen cortes sucesivos, que permiten comparar el modelo interpretado con la información proveniente de los mapeos, muestreos, perforación diamantina, etc.

### **2.1.6.2 Clasificación de recursos minerales en San Vicente**

San Vicente ha adoptado como norma para los Informes de Recursos y Reservas Minerales los principios internacionales referidos por el Joint Ore Reserves Committee (JORC), Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM), y Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia, para adecuarse a las normas está adoptando las acciones necesarias para otorgar la confianza en los estimados mediante la definición de la metodología de cada proceso y hacerlos sustentables, de igual manera se aplican técnicas de verificación y validación para confirmar los resultados. Los recursos minerales en la mina San Vicente se clasifican según la confianza geológica creciente en las categorías de Inferidos, Indicados y Medidos de acuerdo con las normas definidas en el código JORC “Normas para los Recursos y Reservas Minerales”. Las principales definiciones que la mina San Vicente asume y se obliga a seguir están enunciadas a continuación:

#### **Recursos Minerales Medidos**

En la mina San Vicente, los bloques en el modelo que se han estimado utilizando un mínimo de tres labores, que se encuentran a una distancia de separación máxima entre bloques y materiales compuestos dentro de una búsqueda anisotrópica de 20 m x 15 m x 3 m orientada paralelamente al plano de los sólidos de mantos individuales (primer paso de búsqueda de estimación).

#### **Recursos Minerales Indicados**

En la mina San Vicente, los bloques en el modelo que se han estimado utilizando un mínimo de dos intercepto, que se encuentran a la distancia de

separación máxima entre bloques y compuestos dentro de una búsqueda isotrópica de 40 m x 25 m x 5 m orientada paralelamente al plano de los sólidos de ley de manto individuales (segundo paso de búsqueda de estimación).

### **Recursos Minerales Inferidos**

En la mina San Vicente, los bloques en el modelo que no cumplen con los criterios de los recursos indicados y se han estimado utilizando un mínimo de indicios claros que se encuentra a una distancia máxima de separación entre bloques dentro de una búsqueda isotrópica de 80 m x 60 m x 20 m orientada paralela al Plano de los "wireframes" de grado individual (tercer paso de búsqueda de estimación).

La clasificación de los recursos refleja la confianza relativa de las estimaciones de ley. Esto se basa en varios factores incluyendo; espaciamiento de la muestra en relación con las observaciones geológicas y geoestadísticas con respecto a la continuidad de la mineralización, el historial de la minería, las determinaciones de gravedad específica, la calidad de los datos del ensayo y muchos otros factores que influyen en la confianza de la estimación del mineral.

Los parámetros de clasificación se definen en relación con la distancia de separación bloque - compuesto y la continuidad de la mineralización. Estos criterios de clasificación pretenden abarcar zonas de mineralización razonablemente continua. Algunos bloques de las cinco zonas se han clasificado como recursos medidos en base al hecho de que el desarrollo y muestreo subterráneo se han realizado allí.



## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

**Cemento.** – Es un material formado con posterioridad al depósito de los clastos y la matriz, resulta de procesos de precipitación química de soluciones acuosas iónicas o coloidales que circulan e interaccionan con las rocas, tiene un tamaño de grano variable, mayor o menor que el de los clastos y/o matriz, según su naturaleza y el proceso genético que los formó.

**Estéril.** – Término minero utilizado para referirse a la roca que no constituye mena explotable, en oposición a rocas mineralizadas. Usualmente se refiere a las rocas no mineralizadas o con minerales no económicos que deben ser removidas durante el proceso normal de explotación minera para extraer el mineral de mena. Este material se deposita en botaderos o desmontes.

**Matriz.** – Masa o fragmentos de minerales y de rocas de grano fino.

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.1 HIPÓTESIS GENERAL**

- La determinación de la gravedad específica aplicando el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina en la mina San Vicente mejorará la estimación de recursos.

#### **3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La implementación y determinación de la gravedad específica por el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina proporcionará los datos para ser utilizados en la estimación de recursos.
- La comparación de los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera con los valores teóricos, nos dará mejores resultados en la estimación de recursos.

#### **3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

- Variable Dependiente: Estimación de recursos.
- Variable Independiente: Gravedad específica de los testigos de perforación por el método de inmersión en cera.

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es de alcance explicativo y se realizó un enfoque de variable cuantitativa continua y cualitativas de las características geológicas del yacimiento MVT de la mina San Vicente, y se obtuvo resultados mediante un análisis interpretativo.

El diseño de investigación es experimental y en cuanto a su finalidad es aplicada. La investigación fue transversal, el cual se dividió en un diseño de investigación de campo en base a la obtención de muestras geológicas para realizar el cálculo de gravedad específica por el método de inmersión en cera, recopilación de planos y secciones geológicas de la mina San Vicente. Se definió los valores de gravedad específica de la zona mineralizada y unidades litológicas para la estimación de recursos minerales en la mina San Vicente.

#### 4.1.1 Población y muestra

##### **Población**

Es el ámbito espacial de la mina San Vicente se ha desarrollado y conoce mediante los sondajes de exploración e infill realizados con perforación diamantina. La población corresponde a los diferentes tipos de rocas del yacimiento obtenidas por la perforación diamantina.

##### **Muestra**

Las muestras son las secciones de los testigos de perforación diamantina indicadas en el desarrollo del muestreo a las que se determina la gravedad específica.

#### 4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS – MINA SAN VICENTE

##### 4.2.1 Ubicación, acceso y datos del área de investigación

La mina San Vicente, está ubicada en el Distrito de Vitoc, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín a 17 Km. al Sur de la ciudad de San Ramón en el flanco occidental de la cordillera oriental, en ceja de selva y a una altura entre 1,400 y 2,000 m.s.n.m, abarca una longitud de 30km. en sentido N-S, con un ancho de 1 a 8 km. Tabla 4,1.

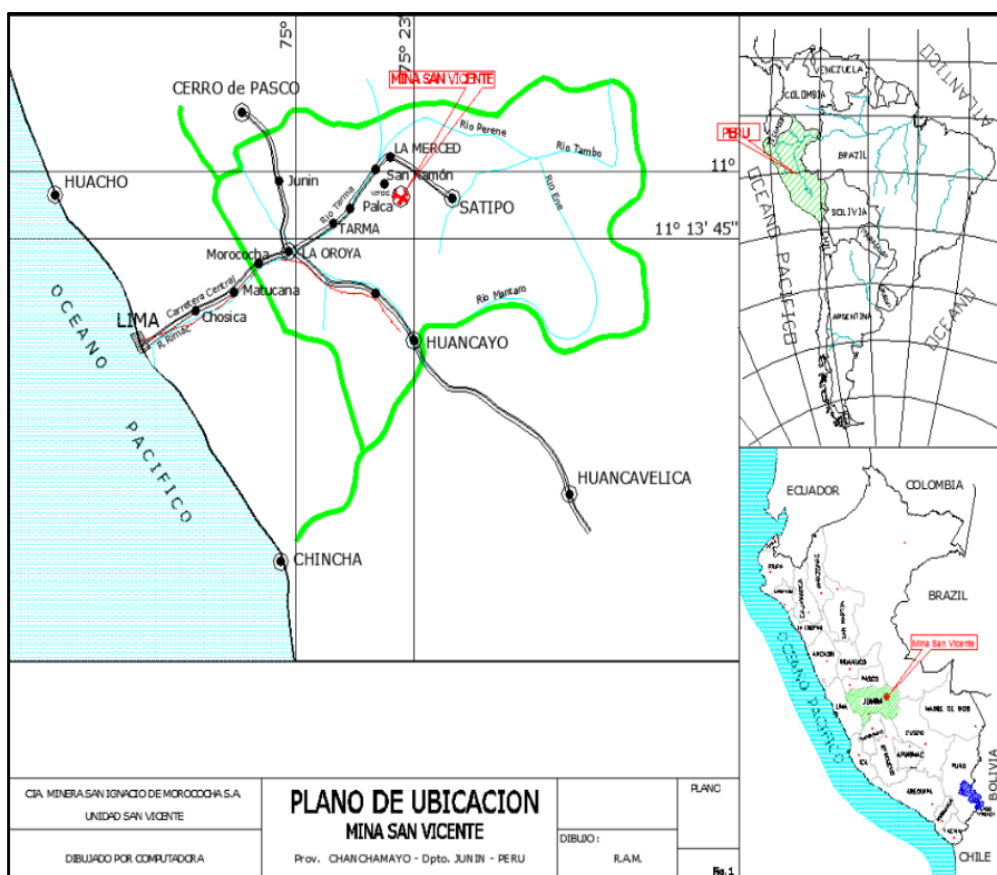
**Tabla 4,1 Coordenadas de la mina San Vicente.**

<b>COORDENADAS UTM (WGS84 – 18S)</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>
<b>NORTE:</b> 8'758.200N. <b>ESTE:</b> 458.200E.	<b>LATITUD:</b> 11°13'45" Sur. <b>LONGITUD:</b> 75°23' Oeste.

Fuente: "Elaboración propia"

Es accesible por la carretera central de penetración Lima-La Oroya-Tarma-San Ramón. A la altura del kilómetro 293 se sigue un desvío hacia el sur de 17 km. y se describe de la siguiente manera: Lima-La oroya 188 km (Vía asfaltada), luego La Oroya-San Ramón 105 km (Vía Asfaltada) y finalmente San Ramón-Mina San Vicente 17 km (Carretera afirmada); haciendo un total de 310 Km. Figura 4,1.

**Figura 4,1 Plano de ubicación de la mina San Vicente.**



**Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”**

Estas concesiones abarcan la zona de la mina, las instalaciones de la planta y otras facilidades de la operación minero-metalúrgica de la mina San Vicente, en adición a los derechos mineros existentes, la Compañía San Ignacio de Morococha S.A. ha adquirido derechos superficiales en

algo más de 506.76 hectáreas a propietarios privados y a comunidades locales. En la actualidad, la Compañía San Ignacio de Morococha S.A. es propietaria de 34 derechos mineros en el área de Chanchamayo que totalizan 14,619 hectáreas. Tabla 4,2.

**Tabla 4,2 Resumen de propiedades de SIMSA.**

<b>SIMSA (14.619 Ha)</b>	<b>E.M. SAN RAMÓN (51.517 Ha)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- UEA Palmapata</li> <li>- UEA San Vicente</li> <li>- UEA Chilpes</li> </ul>	<p><b>NORTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proyecto Raymondy Sur</li> <li>- Proyecto Playapampa</li> <li>- UEA Tambo María</li> <li>- UEA Esmeralda</li> <li>- UEA San Roque</li> </ul> <p><b>SUR:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- UEA Chilpes</li> <li>- UEA Piñon Sillapata</li> <li>- Proyecto Tarmatambo (al SW)</li> </ul>
<b>Otros: 2.857 Ha</b>	
<b>Total Propiedades Mineras: 68.993 Ha</b>	

**Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"**

#### **4.2.2 Marco Geológico Regional de San Vicente**

San Vicente está ubicada en la ceja de selva central peruana, región Junín, provincia de Chanchamayo, al Sur de San Ramón distrito de Vitoc. Regionalmente se desarrolla entre la cordillera oriental y la zona subandina, donde se tiene una franja de territorio con topografía accidentada que sigue de Sur a Norte del Perú formando el flanco oriental de la Cordillera de los Andes. Las principales unidades geomorfológicas que se observan son:

##### **Cordillera Oriental**

Son montañas formadas en el Paleozoico; en el norte del país tienen poca altitud, al sur son más elevadas. Está conformada por rocas del Precámbrico y Paleozoico, paralelas a la Cordillera Occidental. La Cordillera Oriental es menos elevada que la Cordillera Occidental salvo en su sector meridional. Tiene zonas montañosas donde destacan, las montañas del Shira, Contamana y Contaya, que muestran en el núcleo de sus pliegues rocas paleozoicas. La formación de la Cordillera Oriental se inicia durante el tectonismo hercínico (Devónico) sobre un basamento precámbrico, el levantamiento fue controlado por fallas regionales longitudinales.

##### **Zona Subandina**

Forma un arco correspondiente a la Deflexión de Abancay que coincide con el cambio de rumbo regional que presentan sus estructuras. Se caracteriza por la presencia de numerosas fallas inversas, sobreescurrecimientos y plegamientos de estratos. La traza de las fallas y los ejes de los pliegues siguen la dirección andina.

### **Unidades Litoestratigráficas**

El contexto geológico regional de San Vicente empezó con la depositación de las secuencias sedimentarias del Grupo Pucará durante la trasgresión sobre terrenos paleozoicos conformados por sedimentos y lavas alcalinas del grupo Mitu, durante el período Noriano a lo largo de la margen Oeste de escudo brasileño. Durante la evolución de la cuenca del triásico superior – jurásico inferior, se desarrollaron dos sub-cuencas: Oeste y Este, la segunda cuenca es conocida por ser roca hospedante de yacimientos MVT como, San Vicente, Pichita Caluga, Shalipayco, Tambo María, Ulcumayo, Julián, Cañón Florida, Cristal Bongará, entre otros. El Grupo Pucará hospeda los depósitos MVT de Zn-Pb fueron depositadas a lo largo de una línea de playa de margen de cuenca, similar a la que existe hoy a lo largo de la Costa de la Tregua en el Golfo Pérsico, Medio Oriente. Figura 4,2 y Figura 4,3.



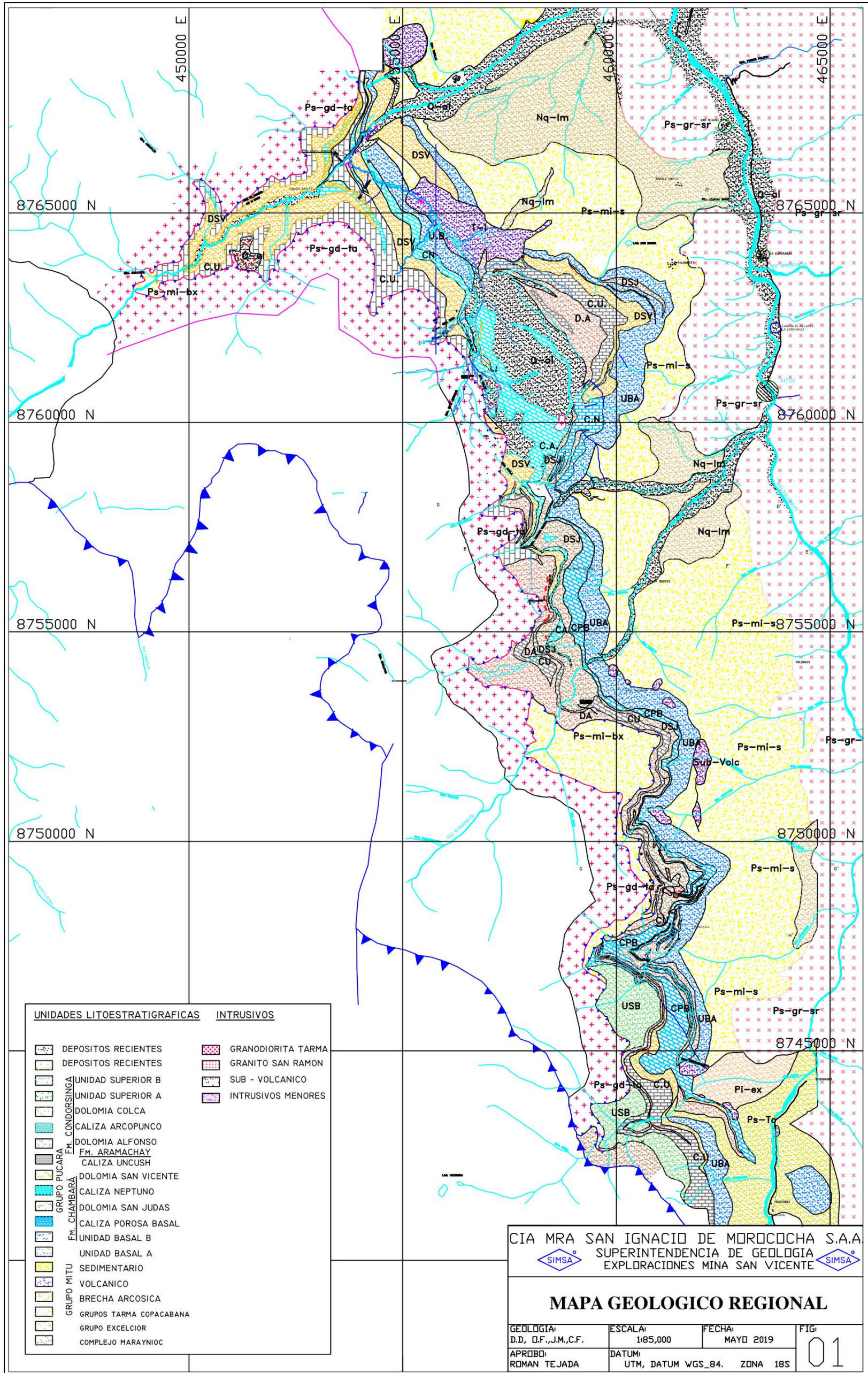


Figura 4,2 Mapa geológico regional de la mina San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"





En el área de la mina San Vicente se tiene afloramiento de rocas precámbricas como el complejo Maraynioc, que aflora al Oeste y está constituido por esquistos y gneis micáceos de composición granítica con amplio desarrollo de estructuras metamórficas, seguido por rocas sedimentarias de edad paleozoica que afloran al oeste de Monobamba, donde se tienen areniscas y limolitas con cierto grado de metamorfismo, algunas muestras son de naturaleza esquistosa que corresponden al Grupo Excelsior; sobreyaciendo a estas, se encuentran las rocas carbonatadas del grupo Tarma-Copacabana, que afloran en los alrededores de Monobamba y al Sur Este de San Ramón, caracterizadas por su litología de calizas con abundantes bioclastos y una matriz de naturaleza micrítica, algo arcillosa, esta unidad se encuentra intercalada por material arcilloso limoso, de color gris verdoso. La edad es Permo -Carbonífera.

El grupo Mitu, está presente en la zona con sedimentos continentales de coloración rojiza y de tipo molásico, constituido por areniscas, limolitas, yeso y conglomerados polimicticos, viene a constituir morfológica y litológicamente la unidad guía para determinar la posición estratigráfica del grupo Pucará, por relaciones de edad relativa se le considera Permo – Triásico.

El Grupo Pucará es una secuencia carbonatada de ambiente marino y está constituida por intercalaciones de calizas con dolomías. Las secuencias dolomíticas son las que tienen filiación con la mineralización de zinc. Las rocas carbonatadas del Grupo Pucará tienen un espesor de hasta 1,900 m. y forman parte de un cinturón de rumbo N-S que incluye también a las rocas clásticas del Malm y Dogger (Formación Sarayaquillo con un espesor de

1,000 m.) así como los sedimentos continentales cretácicos (Grupo Oriente de 1,000 m. y el Grupo Chonta de 1,900 m. de espesor respectivamente) con algunas riolitas y flujos ignimbríticos, también ocurren en algunas localidades cerca de San Vicente. Las formaciones del grupo representan la primera transgresión marina del ciclo Andino que dio lugar a facies evaporíticas, a veces volcánicas, en su contacto con el escudo brasileño.

El Grupo Pucará constituye un metalotecto importante para la mineralización de zinc del Tipo Mississippi Valley (MVT) y está constituido de tres formaciones: Fm. Chambará (piso), Fm. Aramachay (intermedio) y Fm. Condorsinga (techo) que se caracterizan por presentar sedimentos neríticos.

La Formación Chambará, de aproximadamente 1,000 metros de espesor, está constituida principalmente por facies de barra, en aguas someras de mares subtropicales a tropicales donde el aporte terrígeno fue restringido y con predominancia dolomítica.

La Formación Aramachay de aproximadamente 150 metros de espesor está conformado por secuencias de calizas bituminosas con alternancia de limoarcillitas en capas delgadas, que corresponden a niveles de cuenca, donde predominó la sedimentación rítmica que dio lugar a una estratificación plana, tabular y regular. Se caracteriza por presentar facies de agua más profundas y muestra cambios de facies pronunciados.

En la parte oeste de la cuenca la Formación Chambará contiene sedimentos arcillosos y silíceos de grano muy fino y un contenido de carbonatos variable mientras que en la parte este, en la región de San Vicente, presenta facies más anóxicas como pizarras bituminosas, chert, fosfatos, y es más rica en

carbonatos. En la parte Este de la cuenca ambas formaciones hospedan a depósitos MVT, entre ellos, San Vicente (Fontboté, 1990; Rosas, 1994).

La Formación Condorsinga de aproximadamente 350 metros de espesor está representada por calizas bioclásticas y chert (Spangenberg, 1995), la alternancia de calizas de grano fino y limoarcillitas corresponden a la plataforma externa y facies de talud por las evidencias de estructuras de “slump” (Sánchez, 1995).

La tectónica de horst y graben y de basculamiento de bloques, así como las características del basamento parecen ser determinantes en la deposición de este grupo y controlan la ubicación y facies de márgenes de cuenca, las trampas de hidrocarburos, así como el desarrollo de altos estructurales y la formación de barras oolíticas. En consecuencia, el Basamento es un control importante en la estrategia de exploración (Dávila et al 1999).

Las intrusiones de rocas ígneas están marcadas por la presencia de dos intrusivos principales. El granito San Ramón, un cuerpo intrusivo de naturaleza batolítica que aflora al este de San Ramón, constituido por granitos y granodioritas de textura equigranular a microgranular con elevado porcentaje de feldespato potásico, de color rojizo cuya edad ha sido datada en 246 MA (Capdevilla et al, 1977) y 255 MA por (Gunnesch et al, 1990). El otro intrusivo corresponde a las granodioritas Tarma, que es de naturaleza plutónica y de composición ácida con elevado porcentaje de potasio y desarrollo de fenocristales de feldespatos potásicos, que se encuentra hacia el Oeste de San Vicente la cual se sobrepone a las rocas del Pucará a través de una falla de sobrecorrimento de 20-40° W, que puede ser seguida por varios kilómetros en dirección N-S. según dataciones

radiométricas tienen entre 240 a 280 MA. La granodiorita Tarma junto con el granito San Ramón vienen a constituir lo que se conoce como el batolito de la cordillera oriental. La presencia de unidades subvolcánicas se pone de manifiesto dentro de las labores mineras y en superficie a través de diques, lacolitos y sills que cortan la secuencia sedimentaria, estos diques a su vez se encuentran dolomitizados, su composición es intermedia a ácida, en algunas áreas muestran relación con la piritización.

También se tiene intrusivos menores de tonalitas, granodioritas que afloran a lo largo del contacto entre el Pucará y el Mitu, originando en la mayoría de los casos un ligero metamorfismo de contacto del tipo marmolización.

Las rocas más jóvenes están constituidas por la Formación La Merced, que constituye una secuencia de conglomerados, areniscas continentales y que representan antiguos cursos de ríos que están localizados a lo largo del Valle de Chanchamayo, se consideran del Plio - Pleistoceno. Por último, se tiene depósitos cuaternarios del tipo aluviales, coluviales, derrumbes, deslizamientos, etc. que son consecuencia del modelado del paisaje actual y nos indican la morfología dinámica del Valle de Chanchamayo.



### 4.2.3 Marco Geológico Local de San Vicente

En la mina San Vicente localmente se han identificado unidades del Grupo Pucará teniendo en cuenta criterios lito-estratigráficos y su importancia económica. Figura 4,4.

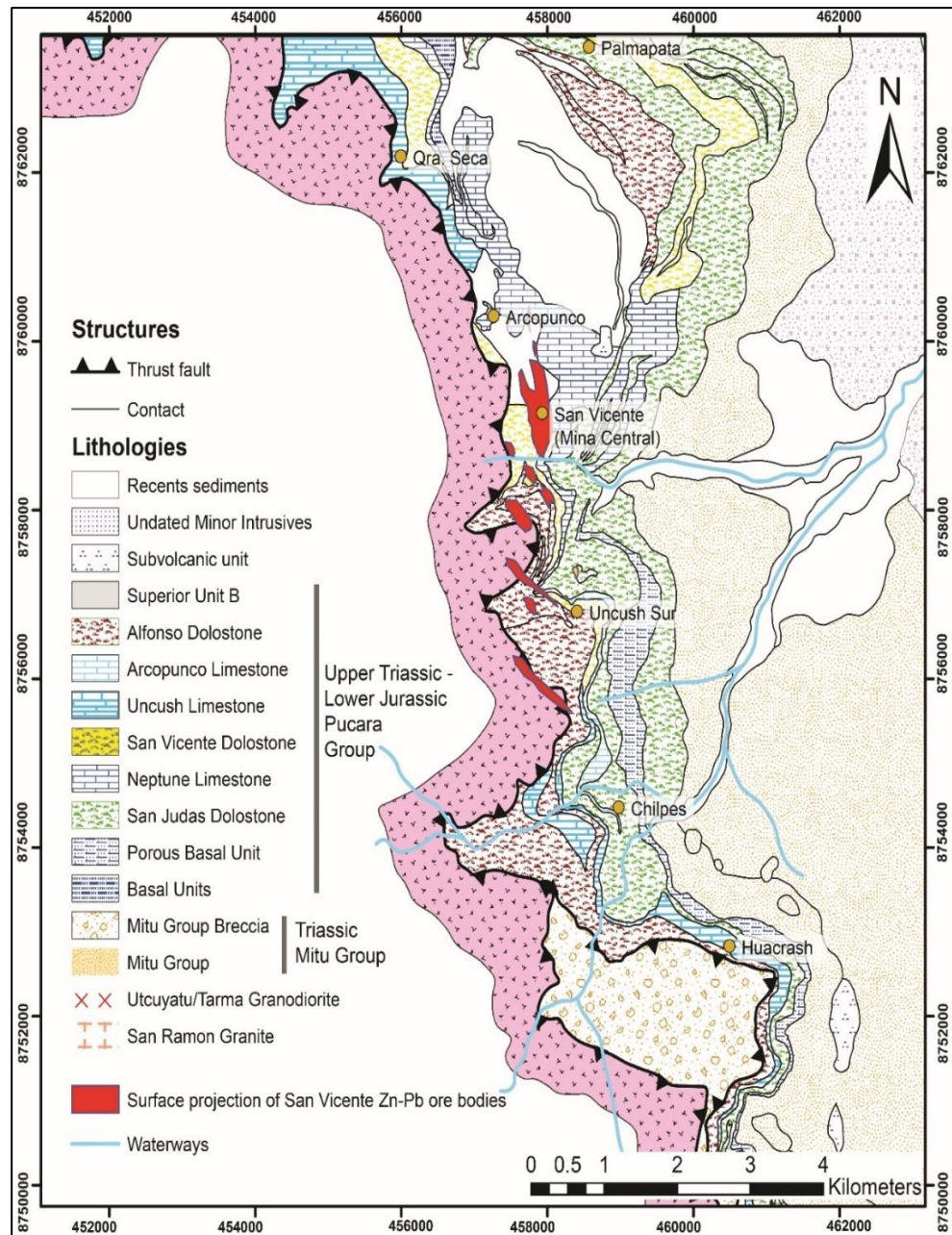


Figura 4,4 Mapa geológico local y estructural de la mina San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

Se han diferenciado diez unidades, de las cuales cuatro son de composición dolomítica y tienen filiación con la mineralización de zinc; de piso a techo se tiene la siguiente nomenclatura en San Vicente:

### **Unidades Basales**

Constituyen las unidades inferiores del Grupo Pucará, están en contacto directo sobre el grupo Mitu, el paso es transicional, aunque el cambio litológico es brusco. Están constituidas por calizas laminares y chérticas, dolomías micríticas, limolitas calcáreas y dolomíticas, todas ellas caracterizadas por su elevado porcentaje de cuarzo. Su espesor varía entre 160 a 380 m.

### **Caliza Porosa Basal**

Secuencia calcárea - dolomítica constituida por calizas dolomíticas porosas deleznales con niveles de brechas calcáreas, limolitas laminares, dolomías finas y niveles oolíticos. Su espesor varía entre 60 a 180 m.

### **Dolomía San Judas**

Es la primera secuencia de dolomías ooides de grano medio a grueso alternadas con niveles de dolomías finas. En esta unidad se han definido regionalmente dos barras, denominadas San Judas y Piñón; estas facies constituyen el tipo de roca que alberga la mineralización de Zinc. En la barra San Judas, a la fecha se ha diferenciado tres mantos, en el cual el tipo de mineralización es de 'flujo'. Se tienen espesores entre 200 a 390 m.

### **Caliza Neptuno**

Similar en litología a la caliza porosa basal. Representa la segunda secuencia porosa, la diferencia está en la posición estratigráfica y en la



distribución de las capas. Un rasgo regional característico de esta unidad es una secuencia de calizas oolíticas (facies de barra no dolomitizadas); su espesor varía entre 20 y 170 m.

### **Dolomía San Vicente**

Es la segunda secuencia de dolomías ooides de grano grueso con niveles de dolomías finas, es la principal unidad receptora de la mineralización de zinc en la mina San Vicente. En esta unidad se han definido seis barras: Sillapata, Aynamayo, Uncush, San Vicente, Palmapata y Aguada Blanca. En la barra San Vicente, se ha detectado en la zona sur 6 mantos de zinc del tipo cebra, mientras que en la zona norte se tiene 9 mantos de zinc del tipo cebra y un manto de zinc del tipo masivo. Los espesores son muy variados y van desde 30 a 300 m.

### **Caliza Uncush**

Está constituida por calizas negras bituminosas laminares hacia la base y masivas al techo de toda la secuencia. Constituye la unidad guía para efectuar correlaciones estratigráficas, ya que representa un evento tectónico-sedimentario importante a nivel global. De otro lado la litología es bien diferenciable y típica solo de esta unidad lo que le da la categoría de unidad guía para todo el Pucara. Su espesor varía de 25 a 150 m. Las unidades comprendidas entre la Unidad Basal y la Dolomía San Vicente pertenecerían a la formación Chambará, a juzgar por los ammonites encontrados en la Unidad Basal y la Caliza Uncush (Prinz, 1985). Los sedimentos del Grupo Pucará en San Vicente desde la Unidad Basal a la Dolomía San Vicente han sido atribuidos a la Formación Chambará mientras que la Caliza Uncush a la Formación Aramachay (Prinz, 1985).

**Dolomía Alfonso**

Es la tercera secuencia favorable para albergar la mineralización de zinc. En esta secuencia se ha desarrollado la barra Alfonso cuya litología es similar a las otras dos unidades, la diferencia radica en la distribución estratigráfica, así como en el grado de dolomitización y el tipo de estructura diagenética que se ha desarrollado, la cual representa el mayor o menor grado de receptividad a la mineralización; en esta secuencia se han detectado varios mantos, pero su distribución es errática y aislada, de otro lado las dimensiones son pequeñas respecto a San Vicente. La variación de espesores es entre 20 a 170 m.

**Caliza Arcopunco**

Tercera secuencia porosa similar a las anteriores, la diferencia está en la posición estratigráfica y en la distribución real de los afloramientos, ya que esta unidad aflora solo al norte de la mina y al sur de Sillapata. Su espesor está entre 100 a 280 m.

**Dolomía Colca**

Cuarta secuencia dolomítica favorable para albergar zinc, constituida de dolomías ooides; se ha detectado escasos indicios de mineralización de zinc, siendo necesario mayores estudios. El espesor varía entre 30 a 50 m.

**Unidades Superiores**

Constituyen niveles calcáreos sobre secuencias favorables, litológicamente están constituidas por calizas laminares, dolomíticas, chérticas y nodulares, con niveles de dolomía micrítica. Alcanzan espesores de 80 m. Figura 4.5.

#### **4.2.4 Geología Estructural**

La mina San Vicente se ha formado en el borde occidental de un graben del Triásico – Jurásico, el cual estaba junto a un alto estructural denominado Mitu – Pucará (Dávila et al., 2000) que ha controlado la sedimentación detrítica del Grupo Mitu y carbonatada del Grupo Pucará. El graben estuvo limitado por fallas normales subverticales, las cuales controlaron la mineralización durante el Eoceno – Mioceno. En San Vicente se tiene identificado tanto en interior mina como en superficie 4 sistemas principales de fallamiento que son los siguientes:

##### **Sistema N – S**

Las Fallas N-S en un contexto regional, constituyen fallas de margen de cuenca durante la sedimentación del Pucara: cambios bruscos de facies y su espesor son atribuibles a ellas, las más representativas son la falla Alicia al este de la mina que controla la sedimentación entre la mina Norte y quebrada Vilcapoma y la falla Solitaria al oeste de la mina que durante la tectónica andina habría servido como zona de despegue del sobre escurrimiento del granito Tarma.

En interior mina estas estructuras son esencialmente paralelas a la estratificación (los rumbos pueden ser ligeramente variables) con buzamientos bajos al Oeste, sus desplazamientos son inversos (modelo de barajas), pero han sido reactivadas con movimientos normales de menor intensidad. Ocasionalmente, estas cortan a la estratificación, indicando rampas de corrimiento que aún no han sido bien definidas.

**Sistema E – W**

Generalmente presentan alto ángulo de buzamiento hacia el Norte, sus desplazamientos son normal - dextral (pitch 30° E). Probablemente sea una variación del sistema NE-SW. Buenos exponentes de este sistema se encuentran al norte de la coordenada 21,600 en el nivel 1750; así por ejemplo la falla del nivel 1640 que correlaciona en superficie con la falla Colca Sur Centro, que ha desplazado cerca de 50 m. el manto San Vicente Techo hacia el Este.

**Sistema NE – SW**

Tiene buzamiento generalmente al NW y su movimiento es dextral normal (< 20°). Este sistema pertenece al lineamiento Puntayacu que es un conjunto de fallas con un ancho de más de 400 m. de alcance y al parecer ha producido grandes desplazamientos en los componentes horizontales sobre todo al Sur de la coordenada 20,530 en el Nv. 1750.

**Sistema NW - SE**

Son también de alto buzamiento al SW; ocasionan desplazamiento sinistral-normal principalmente. Las fallas de los niveles 860 y 1220 son los mejores exponentes en interior mina. Se originaron como fallas tensionales de un desgarre sinistral de las grandes fallas longitudinales (Solitaria y Alicia); esto explica el carácter tangencial de la falla del nivel 860 en las proximidades de la falla Alicia.

Asimismo, durante la tectónica andina, que produjo el sobre escurrimiento del granito Tarma sobre el pucará, este sistema NW-SE se comportan como conjugada del sistema Puntayacu NE, los juegos de ambos sistemas son totalmente compatibles con el movimiento inverso de las fallas

longitudinales; dando en conjunto esfuerzos compresivos E-W, que es lógico considerando el contexto tectónico regional de escamas cabalgantes de rumbo N-S.

#### **4.2.5 Yacimiento (Zn-Pb) Tipo Mississippi Valley de San Vicente**

San Vicente es un yacimiento estratoligado del Tipo Mississippi Valley (MVT) con mineralización de Zinc y Plomo, ubicado en rocas calcáreas de la Era Mesozoica que comprende los períodos Triásico superior – Jurásico inferior con orientación N-S y buzamiento al oeste.

El yacimiento tiene una longitud de 11 km. entre las zonas de San Vicente (Norte y Sur), Uncush Sur, Siete Jeringas y Chilpes, donde se encuentran afloramientos a manera de lentes irregulares tanto en sentido horizontal como vertical. Los mantos mineralizados se encuentran emplazados en tres horizontes estratigráficos: de piso a techo son los siguientes:

San Judas - San Vicente – Alfonso

La distribución espacial de la mineralización está controlada por sistemas estructurales de rumbo N30-40W con buzamiento alto de 75° a 85 al NW, determina zonas de corredores que albergan mineralización los cuales presentan una separación de 400m.

#### **Tipos y fluidos de mineralización**

La mineralización principalmente es de sulfuros de Zinc (Esfalerita), y en menor cantidad de sulfuros de plomo (Galena). La ganga está constituida principalmente de Dolomita, Calcita y Pirita. En el yacimiento San Vicente se presentan los siguientes tipos de mineralización:

### **Mineralización en Cebra**

Es la típica mena bandeada; en donde el sulfuro principal es la esfalerita de color marrón-gris-amarilla, etc., de cristalización fina no ferrífera (Blenda Rubia); la galena se presenta en pequeñas cantidades, es errática compacta a finamente cristalizada con diseminaciones de pirita fina. La estructura 'Cebra' consiste en venas paralelas de esfalerita y dolomita, de una simetría múltiple en el sentido transversal y generalmente es paralela a la secuencia sedimentaria. El ancho horizontal de los mantos mineralizados varía de 1m. a 20m. En la mina San Vicente los mantos mineralizados en cebra están a cotas superiores con presencia de óxidos, a cotas inferiores la mineralización se encuentra en brecha con clastos de cebra. Se tiene mantos mineralizados de tipo cebra brechada, con tramos de brecha. Entrampamiento entre fallas NNW-SSE. (Zona Uncush – Rhamys – Nuevo Rhamys). También se presentan mantos mineralizados con dos ramales, al techo brecha, caballo de estructura cebra y al piso cebra mineralizada, manto continuo con bordes de pirita fina. (Zona Uncush – USA). Figura 4,5.



**Figura 4,5 Mineralización Tipo Cebra.**

**Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"**

### **Mineralización en Brecha**

Fragmentos angulosos de esfalerita masiva, esfalerita bandeada y dolomita, cementados con venas de calcita y/o dolomita; se considera que esta mineralización se ha formado a expensas de la mineralización bandeada.

Figura 4,6.



**Figura 4,6 Mineralización Tipo Brecha.**

**Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"**

### **Mineralización Masiva**

Consiste en esfalerita de grano fino distribuida en pequeños lentes compacto con dolomita gris clara recristalizada, este tipo de mineralización está ligada a mantos de gran potencia y con alto contenido de Zinc. Figura 4,7.



**Figura 4,7 Mineralización Tipo Masiva.**

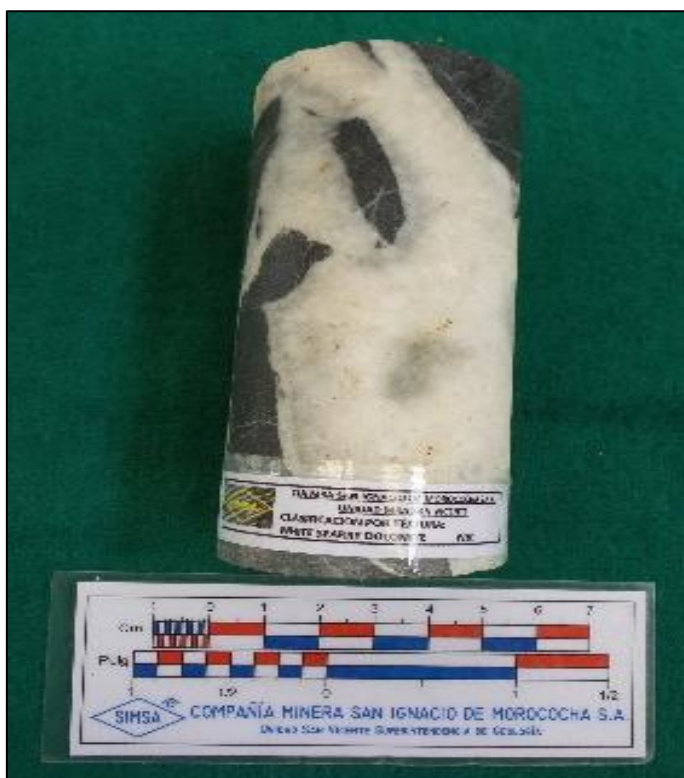
**Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”**

En el yacimiento de la mina San Vicente no se tiene presencia de alteración hidrotermal, debido a las bajas temperaturas de formación (90 a 120 °C), es así que los fluidos que acompañan a la mineralización están representados principalmente por dolomita blanca WSD (White Sparry Dolomite) y dolomita gris GSD (Gray Sparry Dolomite), los cuales sirvieron de catalizador para la cristalización de esfalerita y galena. A continuación, se detalla las características de estos fluidos:



### White Sparry Dolomite (WSD)

Es la dolomita en forma mineral de color blanca y textura esparítica que es parte del fluido mineralizante. No tiene contenido de materia orgánica, y se encuentra asociada a GSD y la calcita en algunos casos. Reacciona muy débilmente al ácido clorhídrico. Figura 4,8.



**Figura 4,8 Fluido mineralizante – WSD.**

**Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”**

### Gray Sparry Dolomite (GSD)

Es la variante de color gris de la WSD. La textura esparítica contiene materia orgánica; en general, es la que viene acompañada de la mineralización, en algunos casos presenta venillas finas de bitumen con pirita. A veces se encuentra asociada con calcita. Reacciona muy débilmente al ácido clorhídrico. Figura 4,9.



**Figura 4,9 Fluido mineralizante – GSD.**

**Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”**

En la mina San Vicente se toma en cuenta la abundancia o carencia de fluido GSD-WSD para determinar zonas favorables o zonas estériles, esto se realiza mediante la cantidad de concentración del flujo mineralizante (WSD-GSD) que atravesó la roca en el momento que se formó la mineralización, y que va desde W0 a W5 representado en porcentaje desde 0% a 100% respectivamente mediante una estimación visual. Figura 4,10.



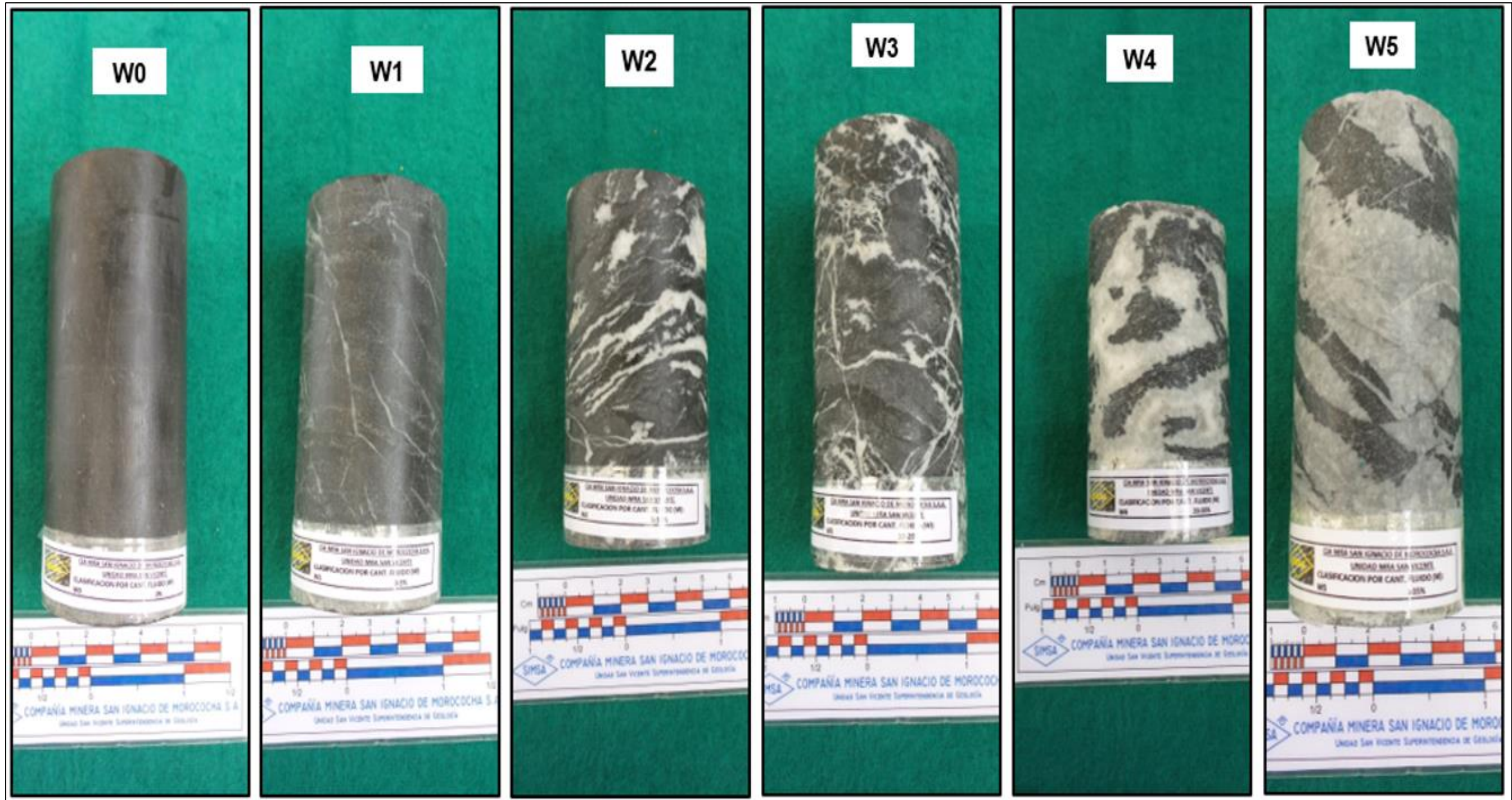


Figura 4,10 Cantidad de fluido mineralizante (GSD-WSD) en las rocas de la mina San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

### **Controles de Mineralización**

En el yacimiento de la mina San Vicente también se han reconocido dos controles importantes que determinan el entrapamiento de minerales de zinc y plomo, determinando la cantidad y calidad en la precipitación de sulfuros de zinc:

#### **Control Litológico**

Es el primer control que determina la cantidad de mineralización y los parámetros guías para la determinación de zonas mineralizadas que son:

- **Cambio de facies**, constituye la guía más importante, pues cumple la función de trampa sedimentaria al paso del fluido mineralizante, la granulometría relacionada al cambio de facie, es el factor determinante en los volúmenes de sulfuros, siendo más favorables, las dolomías oolíticas (mayor permeabilidad, porosidad primaria y/o fracturamiento (porosidad secundaria); por lo tanto, mayores volúmenes de sulfuros), en su contraparte las dolomías de grano medio a fino albergan mineralización restringida a factores estructurales, lo que permite el entrapamiento del flujo mineralizante (trampa litoestratigráfica).
- **Contenido de materia orgánica**, se relaciona con el índice de color de la roca, se ha determinado la afinidad de la mineralización de sulfuros de zinc, en dolomías con contenido de materia orgánica. La tonalidad de la roca va de N1 a N5 y grada del color negro al blanco respectivamente.
- **Dolomitización**, constituye la alteración principal la cual es de amplitud regional y estuvo controlada por las facies San Vicente, se ha diferenciado dos tipos de dolomitización una que es inherente a la diagénesis y es de amplitud regional, típico de las formaciones Chambará y Aramachay en

parte, relacionada a las facies finas de ambiente sabhka. La WSD "White Sparry Dolomite" – GSD "Gray Sparry Dolomite" hidrotermal es una segunda dolomitización que esta sobre impuesta a la anterior y tiene mejor desarrollo donde las facies son permeables determinando diferentes texturas tales como brechas, cebras, crackle, venas, venillas, en diferentes etapas, pre-mineralización y post mineralización. Figura 4,11 y Figura 4,12.





Figura 4,11 Granulometría de las dolomías en la mina San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



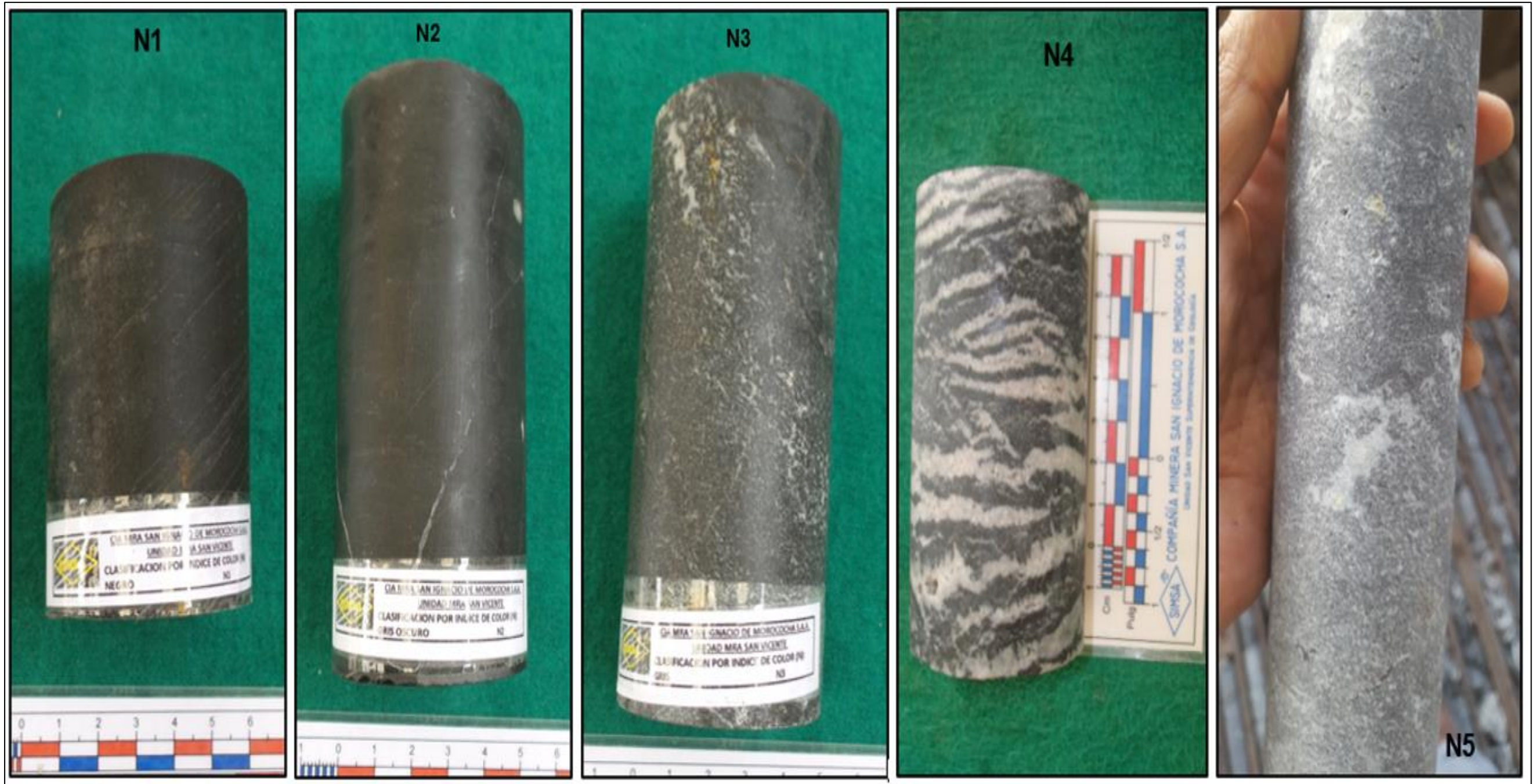


Figura 4,12 Índice de color de las rocas en la mina San Vicente.

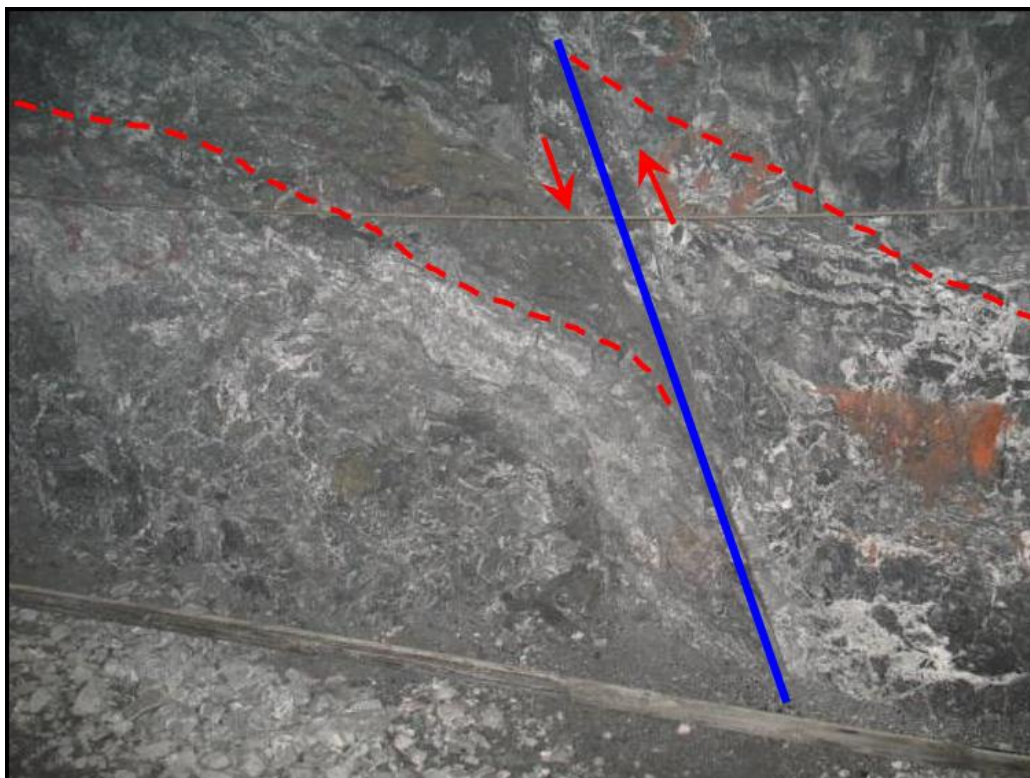
Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

### **Control Estructural**

Es el que determina la movilización de la mineralización por aspectos estructurales:

- **Pre-mineral**, controla la mineralización determinando zonas de apertura para el paso de las salmueras (fluidos mineralizantes). Los sistemas estructurales pre mineral N-S, relacionadas a fallas de cuenca, son los denominados Feeder Primarios, que conjuntamente con la familia de fallas inversas N40W de alto ángulo 70°- 85°, determinan zonas principales para la formación de zonas de debilidad (porosidad secundaria), las cuales determinan corredores favorables para la mineralización con altas concentraciones en zonas de cuerpos de brechas (falla pre-mineral).
- **Post-mineral**, determina la mineralización por la continuidad en la deformación producto de la Tectónica Andina (fallamiento), afecta las estructuras mineralizadas en mantos N-S, zonas de cuerpo de brechas y Zonas de Jobs, en fallas trascurrentes; es decir, se encuentran más ricos a un lado de la falla debido a la removilización de la esfalerita por acción del Tectonismo, adicionalmente dichas fallas se pueden comportar como espejos impermeables para la mineralización. Figura 4,13.





**Figura 4,13 Controles de mineralización (Salto de Falla).**

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”

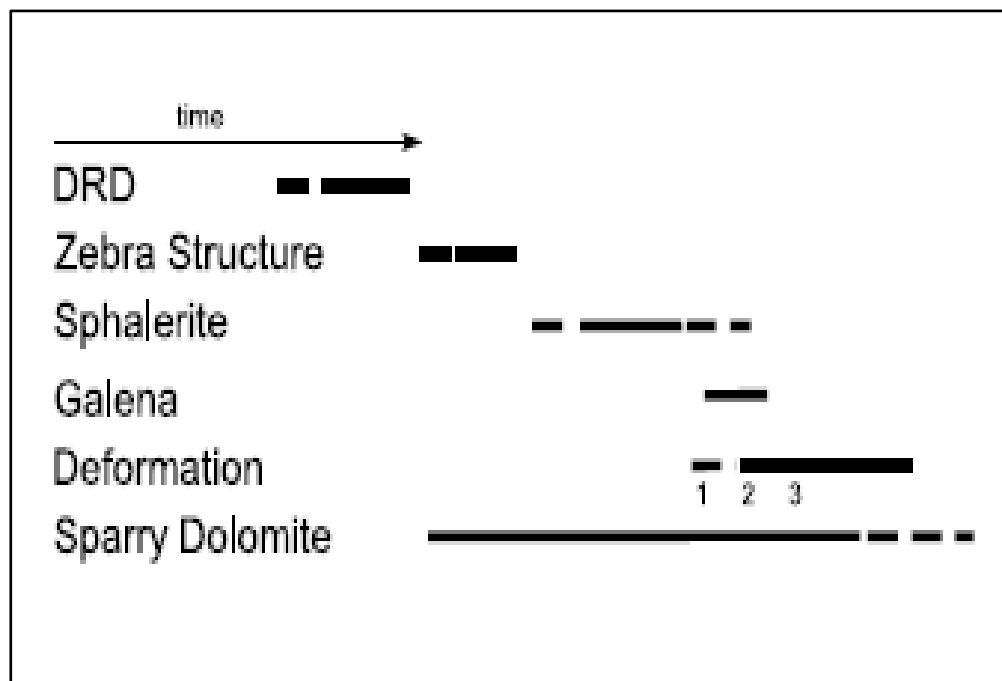
### **Secuencia Paragenética**

En la mina San Vicente la secuencia esquemática de la paragénesis del yacimiento se basa en el tiempo de mineralización y deformación: dolomita esparítica precipitada durante tiempo prolongado como reemplazamiento y en sitios extensionales.

- Denota inicio de precipitación y relación con la esfalerita observada en dolomías.
- La precipitación de galena se da en un proceso syn-sedimentario.
- Mayor precipitación post - mineralización y deformación.

La paragénesis de la mineralización de sulfuros en la mina San Vicente consta de varias etapas de cristalización cuya secuencia de eventos es en el siguiente orden: Figura 4,14.

- Pirita I: Fina masiva pseudomórfica.
- Esfalerita I: Gris fina masiva.
- Esfalerita II: Cristalizada oscura a clara.
- Galena fina: Gris plateada.
- Esfalerita III: Cristalizada naranja a amarilla.
- Pirita II: Cristalizada.



**Figura 4,14 Secuencia Paragenética en la mina San Vicente.**

**Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"**

Se tiene dicha secuencia paragenética de las muestras de mano obtenidas en interior mina. Figura 4,15; Figura 4,16 y Figura 4,17.

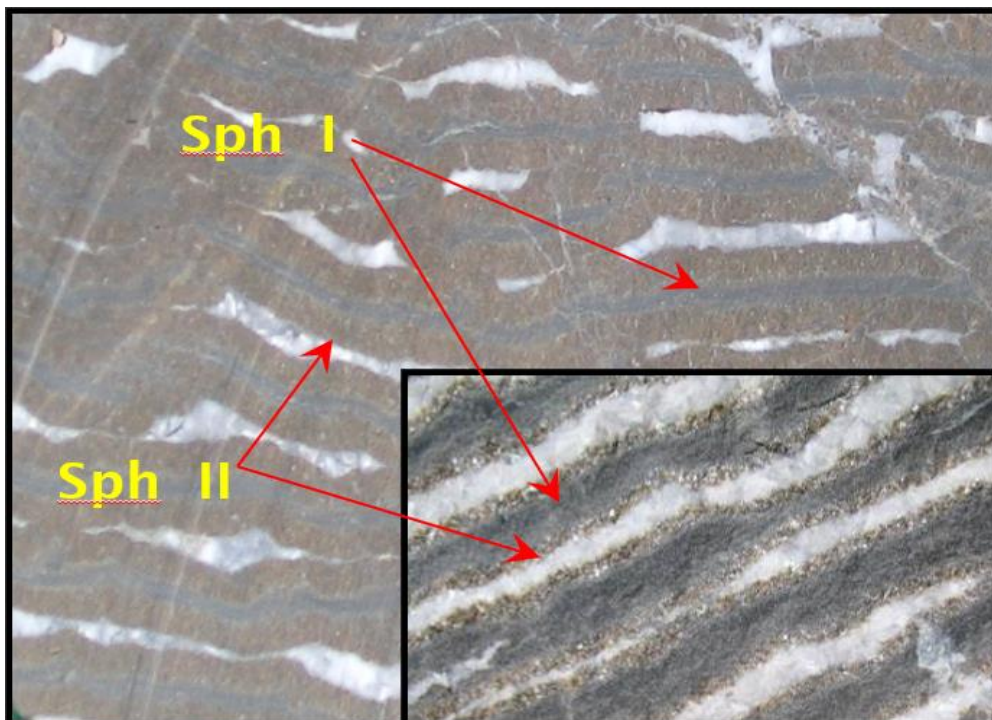


Figura 4,15 Paragénesis de la mineralización de sulfuros en San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

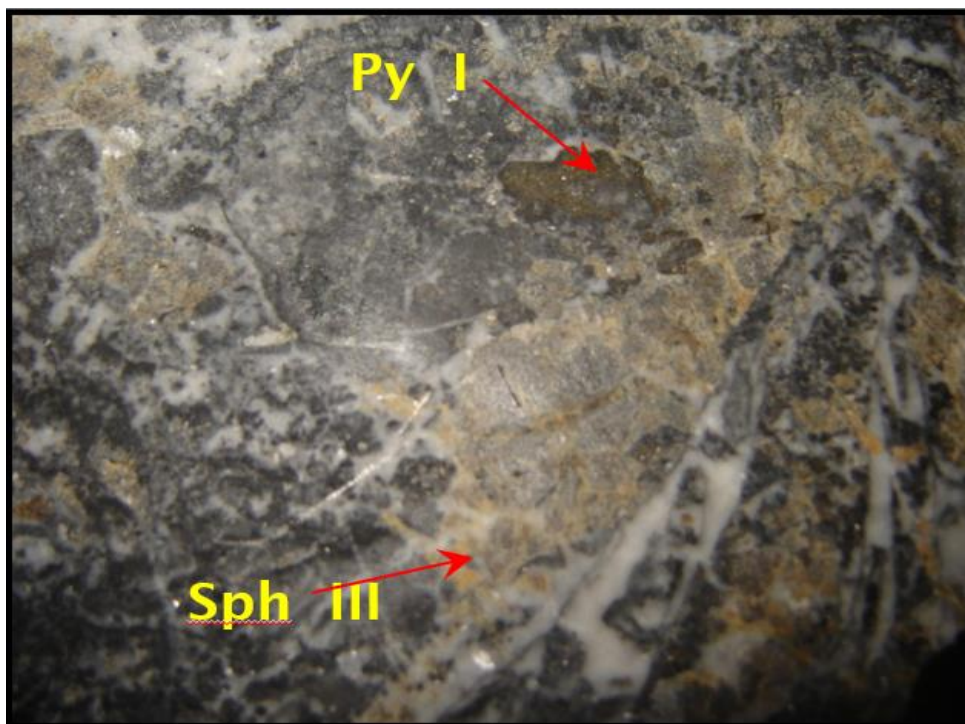


Figura 4,16 Paragénesis de la mineralización de sulfuros en San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



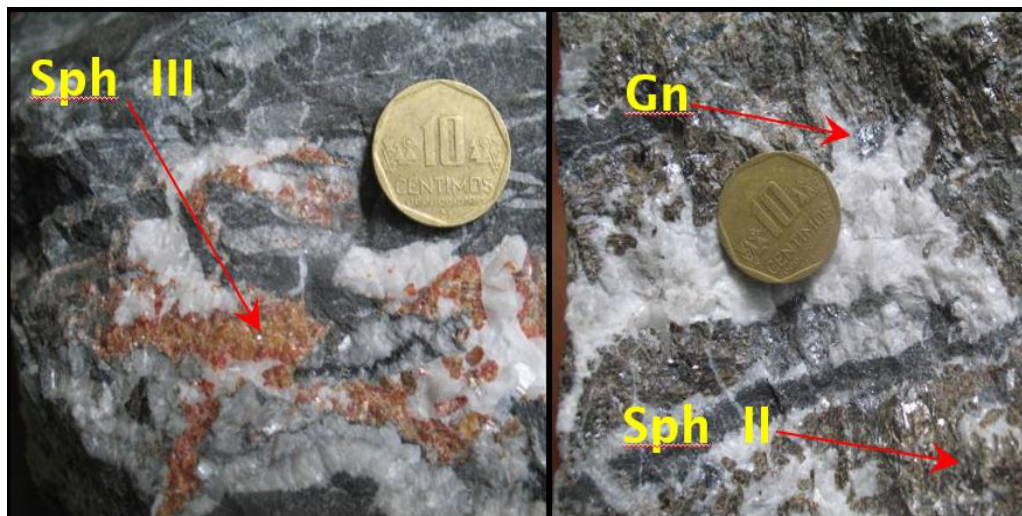


Figura 4,17 Paragénesis de la mineralización de sulfuros en San Vicente.

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”

#### 4.2.6 Texturas principales de la mineralización en San Vicente

##### Textura Cebra (Cb)

Dolomía en secuencia rítmica de concentración de fluido GSD-WSD en forma bandeada paralela a la estratificación, determina la posición de un manto mineralizado y no mineralizado. Se puede identificar cebra de grano fino, medio y grueso sin mineralización a veces con presencia de bitumen y pirita. Figura 4,18.



Figura 4,18 Textura Tipo Cebra.

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”

### **Textura Mineral Matrix Breccia (MMBx)**

Brecha dolomítica con fragmentos angulosos de dolomía en matriz de mineral dolomita, los clastos varían en granulometría y color de fino gris oscuro a gris claro de grano ocoide. También llamada brecha dolomítica. La matriz es el fluido GSD-WSD, constituyendo el cemento de la brecha; es decir, englobando fragmentos de roca. A veces presentan calcita acompañando a la matriz y rara vez mineraliza, pudiendo presentar mineralización de esfalerita de III generación, algunas veces presenta bitumen en el fluido. Figura 4,19.



**Figura 4,19 Textura Tipo Mineral Matrix Breccia.**

**Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"**

### **Textura Rock Matrix Breccia (RMBx)**

Brecha dolomítica con fragmentos de dolomía en una matriz de roca dolomítica molida, es considerada una brecha sin-sedimentaria y se encuentra cerca al contacto con las calizas. La granulometría de los fragmentos varía de fino a media. También llamada micro brecha dolomítica. En algunos casos presenta venas de calcita y nódulos de chert. Figura 4,20.



**Figura 4,20 Textura Tipo Rock Matrix Breccia.**

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

#### **Textura Cracker Brecha (CrkBx)**

Dolomía constituida por un sistema de venillas WSD-GSD inter cruzadas que ingresan a la roca aprovechando fracturas y microfallas. Se presentan en rocas dolomíticas de grano fino como en grano grueso. Por lo general las venillas son de WSD (dolomita blanca), no mineraliza. Figura 4,21.



**Figura 4,21 Textura Tipo Cracker Brecha.**

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

#### **Textura Cebra Incipiente (Cblcp)**

Se presenta en dolomía recristalizada de grano medio, compuesta por venas cortas, delgadas e irregulares de WSD y GSD, con pseudo-alineamiento.

Suele presentarse en tramos persistentes o en pequeños lentes, se puede considerar como una etapa trunca de la formación de cebra. La presencia de bitumen y pirita es muy esporádica. Figura 4,22.



**Figura 4,22 Textura Tipo Cebra Incipiente.**

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

#### **Textura Ooide (O)**

Dolomía de granulometría media a gruesa, la roca es de color gris claro, masiva, presenta venas de fluido formando una Brecha Ooide. Es considerado como una barra favorable para la mineralización. Figura 4,23.



**Figura 4,23 Textura Tipo Ooide.**

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

## **CAPÍTULO V**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

#### **5.1 MUESTREO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA DEL TAJO 8660**

La presente investigación tiene como finalidad obtener los valores de gravedad específica por el método de inmersión para una mejor estimación de recursos minerales en la mina San Vicente, este proceso se complementa realizando el muestreo de los sondajes con intercepto de mineral, para fines prácticos de la investigación se realizó el muestreo a 8 sondajes del Tajo 8660 que pertenecen a la zona de Ayala Inferior los cuales fueron los siguientes: DDH-4839, DDH-4842, DDH-4854, DDH-4862, DDH-4865, DDH-4875, DDH-4877, DDH-4884 en total se obtuvieron 107 muestras mineralizadas de estos sondajes, los cuales fueron ubicados espacialmente en un plano teniendo como referencia la Cámara 567N donde iniciaron los sondajes, también se realizó el muestreo de sus respectivas roca caja piso y techo con un ancho máximo de muestreo de 0.20 m. y un ancho mínimo de muestreo de 0.12 m. Figura 5,1 y Figura 5,2.



A continuación, se presenta la relación de sondajes con intercepto de mineral en el Tajo 8660 utilizados para la presente investigación con la finalidad de una mejor estimación de recursos minerales en la mina San Vicente. Tabla 5,1.

**Tabla 5,1 Relación de sondajes con mineralización en el Tajo 8660.**

<b>SONDAJE</b>	<b>CANTIDAD DE MUESTRAS</b>	<b>ZONA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>DDH-4839</b>	15	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4842</b>	10	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4854</b>	13	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4862</b>	15	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4865</b>	15	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4875</b>	13	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4877</b>	13	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4884</b>	13	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>TOTAL</b>	107		

**Fuente: "Elaboración propia"**

Además, se realizó el cálculo de gravedad específica por el método de inmersión en cera en otros 16 sondajes con un total de 93 muestras de cada

unidad litológica y texturas que caracterizan a la mina San Vicente como se detalla a continuación. Tabla 5,2.

**Tabla 5,2 Relación de otros sondajes ensayados en la mina San Vicente.**

<b>Sondaje</b>	<b>Cantidad de Muestras</b>	<b>Zona</b>	<b>Descripción</b>
<b>U-1343</b>	5	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>U-1345</b>	5	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4584</b>	4	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4597</b>	4	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4792</b>	3	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4793</b>	2	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4795</b>	2	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4796</b>	2	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4812</b>	2	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4813</b>	14	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4814</b>	12	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4837</b>	4	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4867</b>	10	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4869</b>	10	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>DDH-4870</b>	10	AYALA INFERIOR	MINERALIZADO
<b>DDH-4903</b>	4	AYALA INFERIOR	ESTÉRIL
<b>TOTAL</b>	93		

Fuente: "Elaboración propia"

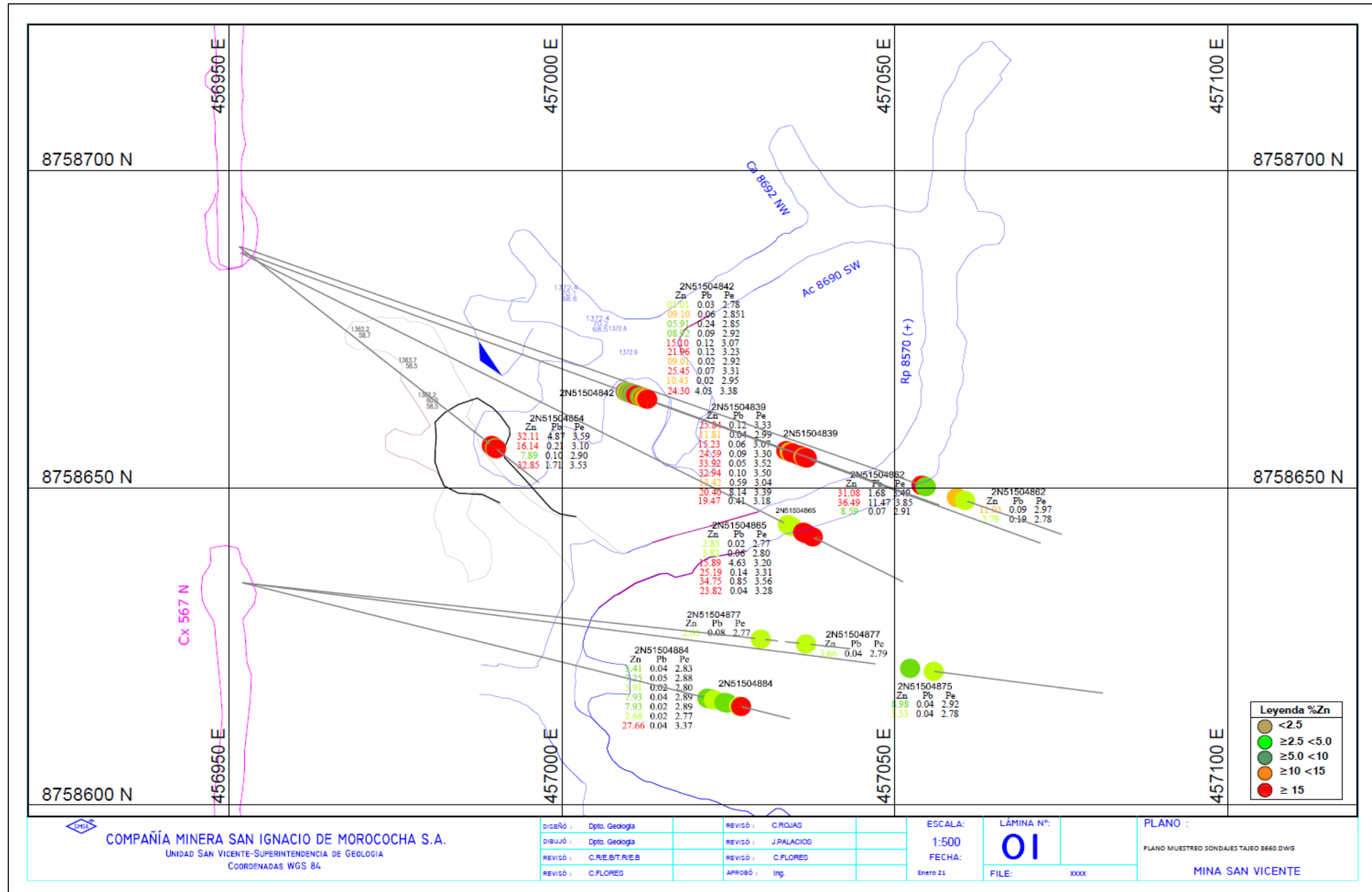


Figura 5,1 Plano de los sondajes con intercepto de mineral del Tajo 8660.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

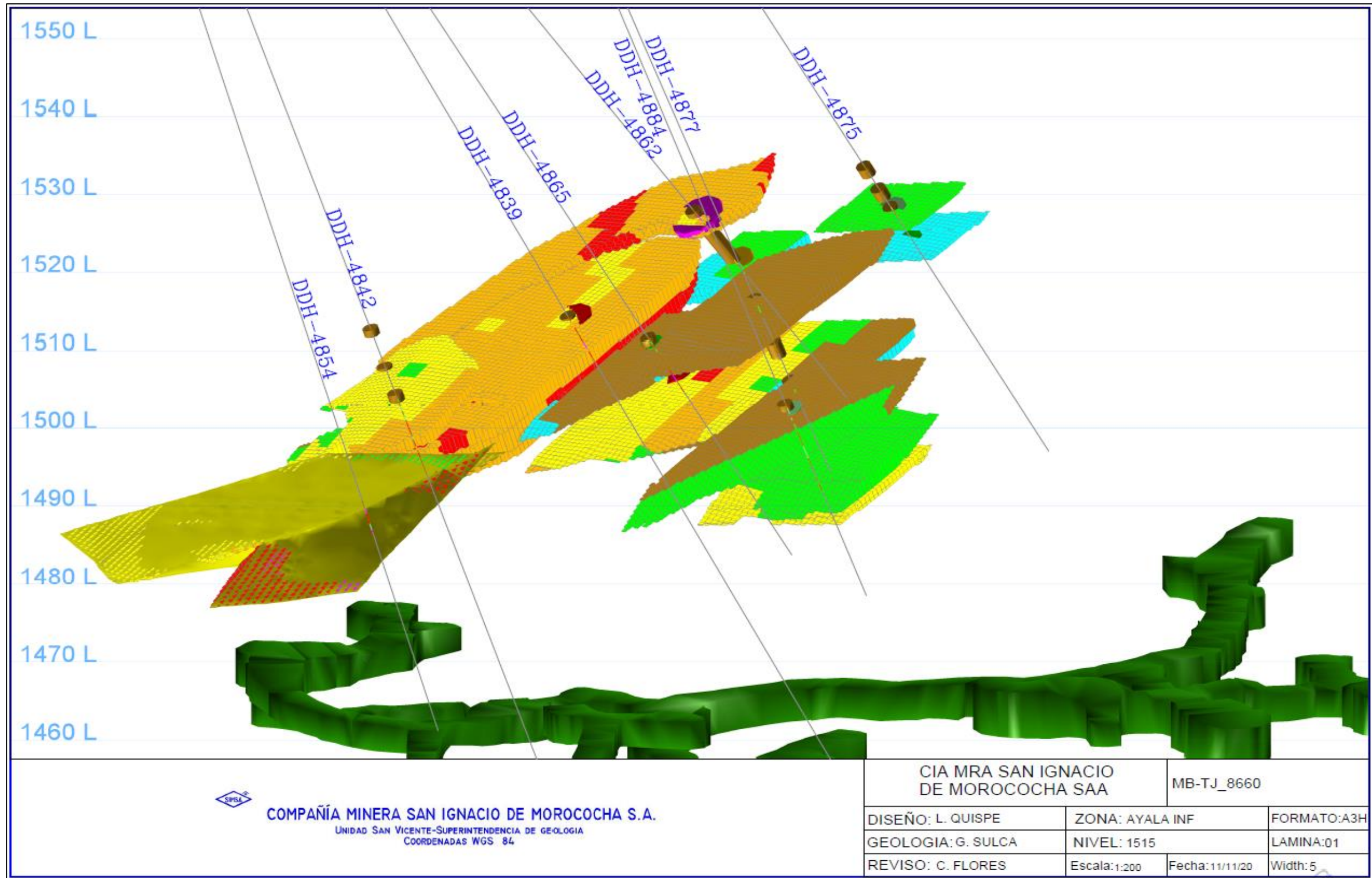


Figura 5,2 Modelo de bloques del Tajo 8660 de los sondajes con intercepto de mineral.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

## **5.2 LOGUEO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN LITO-MINERALÓGICA**

En la mina San Vicente es un proceso que tiene la misma metodología desde que inició la etapa de exploración y explotación del yacimiento, el objetivo es asegurar el registro de las características geológicas presentes en los testigos de perforación diamantina, se realizó con el mismo detalle y precisión en todos los tipos de roca, ya sean favorables o desfavorables, porque existen muchos parámetros en el yacimiento que pueden darnos la ubicación de mantos mineralizados. Tabla 5,3 y Tabla 5,4.

El logueo geológico sirve de base para los trabajos de gabinetes como elaboración de secciones en el programa Downhole y poder diseñar el modelo tridimensional litológico y mineralógico que se tiene como parte primordial de un programa de exploraciones en el programa Vulcan para definir zonas mineralizadas, por último se realiza el muestreo sistemático de sondajes que presentan concentración de Zn para obtener sus leyes y realizar una interpretación geológica para definir mejor el yacimiento y garantizar una mayor exactitud en la estimación de recursos minerales. Tabla 5,5.

La presente investigación se complementó con el registro de logueo geológico de los sondajes utilizados para obtener muestras representativas por litología que sirvieron para el cálculo de la gravedad específica por el método de inmersión en cera en la mina San Vicente, se realizó el muestreo de ciertos sondajes que presentaban concentración de Zn para detallar la presentación de resultados. Figura 5,3.

**Tabla 5,3 Nomenclatura de rocas para logueo geológico.**

<b>NOMBRE DE ROCA</b>	<b>ABREVIATURA</b>
Dolomía	Dm
Caliza	Cz
Caliza Negra	CzN
Caliza Gris	CzG
Volcánico	V
Intrusivo	I
Falla	F

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”

**Tabla 5,4 Nomenclatura de texturas para logueo geológico.**

<b>NOMBRE DE TEXTURA</b>	<b>ABREVIATURA</b>
Ooide	O
Masiva	Ms
Cebra	Cb
Rock matrix brecha	RMBx
Mineral matrix brecha	MMBx
Cracker brecha	CrBx
Brecha	Bx
Brecha Tectónica	BxT
Porosa	Ps
Laminar	Lm
Cebra incipiente.	cbicp.
Brecha Ooide	BxO
Mosaico Recristalizado	Mo
Cebra en Brecha	CbBx
Afanítico	Aftc
Fanerítico	Fntc

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”

**Tabla 5,5 Nomenclatura de Zinc para logueo geológico.**

<b>CONCENTRACIÓN Zn%</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COLOR</b>
0 - 2.5%	Marrón
2.5-5%	Verde Claro
5-10%	Verde Oscuro
10-15%	Anaranjado
15-25%	Rojo
25%	Púrpura

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”



SIMSA										HOJA DE LOGUEO GEOLOGICO										CIA MRA SAN IGNACIO MOROCOCHA SAA					UNIDAD: SAN VICENTE					Hole Name: 2N51504839					Hole Page 12 of 17				
f ini: 1/10/2019		f ter: 5/10/2019		logueo: R BERROSPI		Rumbo		SE:69:4:54		Inclin		-59:-10:-1		Coor Norte		8758687.307		Coor Este		456952.1479		Cota		1528.757		Rb Capas		0											
Nivel		1515		Labor		3870		Máquina		PE75C		Avance		250		Buz Capas		0																					
recup (txt)					assay (txt)					geologia (txt)																													
from	to	Corr	> 8cm	% Recup	% RQD	Muestr	Pb	Zn	Fe	Manto	X(Start)	Y(Start)	Z(Start)	from	to	Roca	Textur	Grand	W	n	GSD	WSD	tro Miner	Descripcion															
165.0											457031.20	758657.1	1386.99	165.1	165.8	Dm	Bx	G	W3	N4	80	20	ESTL	Bandas de fluido y pseudomorfos. Bitumen con estilolitos en fluido. Fracturado															
	166.50	1.50	0.90	100.0	60						457031.53	758656.9	1386.39	165.8	166.3	Dm	O	G	W2	N4	50	50	ESTL	Pseudomorfos y venilleo entrecruzado fino. Estilolitos en roca															
166.5											457031.79	758656.8	1385.92	166.3	167.7	Dm	MMBx	G	W4	N4	80	20	ESTL	Estructura favorable esteril. Abundantes pseudomorfos y fluido. Estilolitos con bitumen en fluido															
	168.00	1.50	0.90	100.0	60						457032.44	758656.6	1384.76	167.7	169.6	Dm	O	MG	W2	N4	90	10	0	Pseudomorfos y fluido englobando clastos parcialmente. Bitumen en fluido															
168.0											457032.44	758656.6	1384.76	169.6	170.1	Dm	O	MG	W3	N4	70	30	0	Fluido irregular. Bitumen en fluido. Intensamente fracturada															
	169.50	1.50	0.60	100.0	40	16410	0.01	0.31	0.37	o	457033.33	758656.2	1383.13	170.1	170.4	Dm	MMBx	M	W3	N3	40	60	SphG	is +- 10% Zn. Reemplazando clastos Dm. Py masiva +- 2% Fe. Fluido y p															
	171.00	1.50	0.60	100.0	40	16412	0.12	25.84	1.64	o	457033.59	758656.1	1382.70	170.4	170.9	Dm	Bx	M	W2	N3	40	60	0	Fluido y pseudomorfos englobando clastos. Bitumen en fluido. Sph traza +- 1%															
	171.00	1.50	1.00	100.0	66.67	16413	0.01	1.59	0.57	o	457033.76	758656.1	1382.40	170.9	171.8	Dm	MMBx	M	W5	N4	80	20	SphG	Sph gris +- 10% Zn. Reemplazando clastos Dm. Sph anarilla +- 0.5% Zn en venillas finas. Abundante fluido y pseudomorfos															
	172.50	1.50	1.00	100.0	66.67	16414	0.04	11.81	0.58	o	457034.00	758656.0	1381.97	171.8	172.5	Dm	MMBx	M	W4	N4	80	20	SphG	Sph gris +- 12% Zn. Reemplazando clastos Dm. Fluido y pseudomorfos englobando clastos. Estilolitos con bitumen en fluido															
	172.50	1.50	1.05	100.0	70	16415	0.06	15.23	0.67	o	457034.43	758655.8	1381.20	172.5	173.3	Dm	PseBx	MG	W2	N4	70	30	ESTL	Fluido irregular espaciado englobando clastos parcial. Estilolitos con bitumen en fluido. Intensamente fracturada															
	174.00	1.50	1.05	100.0	70	16416	0.01	0.36	0.40	o	457034.74	758655.7	1380.64	173.3	174.4	Dm	MMBx	M	W3	N3	70	30	SphM	Sph marron y gris +- 15% Zn escarapelado. Fluido y pseudo englobando clastos. Estilolitos con bitumen en fluido															
	174.00	1.50	1.45	100.0	96.67	16417	0.09	24.59	1.05	o	457035.13	758655.6	1379.91	174.4	175.0	Dm	MMBx	M	W2	N3	70	30	SphG	Sph gris y marron +- 30% Zn masivo. Reemplazando Dm															
	175.50	1.50	1.45	100.0	96.67	16418	0.05	33.92	2.32	o	457035.67	758655.4	1378.96	175.0	175.5	Dm	MMBx	M	W4	N3	70	30	SphG	Sph gris y marron +- 20% Zn escarapelado. Py en venillas +- 3% Fe. Fluido englobando clastos															
	175.50	1.50	1.45	100.0	96.67	16420	0.10	32.94	1.95	o	457035.94	758655.3	1378.49	175.5	175.9	Dm	MMBx	M	W3	N4	70	30	SphG	Sph gris +- 8% Zn. Reemplazando clastos. Abundante fluido. Estilolitos con bitumen															
	177.00	1.50	1.45	100.0	96.67	16421	0.59	13.42	0.85	o	457036.20	758655.1	1378.02	175.9	176.4	Dm	MMBx	M	W2	N4	70	30	SphG	Sph gris +- 15% Zn masiva y Gln +- 10% pb. Abundante pseudomorfos															
	177.00	1.50	1.45	100.0	96.67	16422	8.14	20.40	2.24	o	457036.39	758655.1	1377.68	176.4	176.9	Dm	MMBx	M	W4	N4	70	30	SphG	Sph gris +- 10% Zn. Reemplazando Dm. Fluido y pseudomorfos. Bitumen en fluido															
	177.00	1.50	0.80	100.0	53.33	16423	0.41	19.47	0.97	o	457036.63	758655.0	1377.25	176.9	178.0	Dm	MMBx	M	W3	N3	50	50	ESTL	Venilleo fino entrecruzado fino. Fluido englobando clastos. Estilolitos con bitumen en fluido															
	178.50	1.50	1.00	100.0	66.67	16425	0.02	0.33	0.22	o	457036.87	758654.9	1376.82	178.0	179.0	Dm	BxT	M	W3	N3	60	40	ESTL	Fluido y pseudomorfos. Estilolitos con bitumen en fluido															
	180.00	1.50	1.00	100.0	66.67	457037.37	758654.7	1375.91			457037.83	758654.5	1375.06	179.0	180.0	Dm	BxT	MG	W3	N4	50	50	ESTL	Venilleo fino entrecruzado. Pseudomorfos. Estilolitos con bitumen en fluido															

Figura 5,3 Hoja de logueo del sondaje DDH-4839 con intercepto de mineral en el Tajo 8660.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

### 5.3 PROCEDIMIENTO ESTANDARIZADO PARA CALCULAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

El tipo de muestreo que se realiza para el cálculo de gravedad específica es aleatorio, por las características de la investigación siguiendo las normas relacionadas a este tipo de ensayo. El geólogo de logueo es el encargado de marcar y recolectar las muestras de testigos de perforación según los parámetros establecidos en el procedimiento además de las características litológicas y mineralógicas que se presente en el sondaje y por último realizar correctamente el ensayo de gravedad específica, teniendo en cuenta la secuencia de pasos a seguir para controlar y asegurar la correcta aplicación del proceso y la toma de datos para calcular la gravedad específica:

- Obtención de muestras para realizar el cálculo de la gravedad específica.
- Toma de fotos de las muestras recolectadas.
- Seguir el procedimiento estandarizado que se está implementando en la mina San Vicente para el cálculo de la gravedad específica.
- Traslado y devolución de muestras después de finalizar el ensayo a sus respectivas cajas.
- Realizar el correcto llenado en la base de datos de los valores obtenidos en el ensayo y la descripción de la muestra tomada, por ejemplo; litología, mineralización.

#### **Materiales**

Para realizar el ensayo de gravedad específica propiamente dicho se necesita las siguientes herramientas y materiales de trabajo. Tabla 5,6.



**Tabla 5,6 Herramientas y materiales de trabajo.**

Herramientas de Trabajo	Materiales de Trabajo
Cera	Formatos
Balanza	Guantes de cuero
Estufa	Trapo industrial
Bandejas	Lapicero
Cámara fotográfica	Protactor

**Fuente: “Elaboración propia”**

- Balanza digital (Scout – Pro) de 0.1 de precisión con capacidad de 4,000 g  $\pm$  0.1g), con certificado de calibración. Figura 5,4.



**Figura 5,4 Balanza digital.**

**Fuente: “Elaboración propia”**

- Estufa eléctrica (marca Geomec) para el secado de las muestras de perforación diamantina, con control de temperatura digital y con 2 divisiones

de capacidad para 15 muestras en bandejas metálicas y tiene un rango de temperatura máxima que alcanza los 200°C. Figura 5,5.



**Figura 5,5 Estufa eléctrica.**

**Fuente: "Elaboración propia"**

- Bandejas metálicas para muestras de perforación diamantina. Figura 5,6.



**Figura 5,6 Bandejas metálicas.**

**Fuente: "Elaboración propia"**

### **5.3.1 Obtención de muestras para calcular la gravedad específica**

#### **Procedimiento**

La obtención de las muestras de testigos de perforación para el cálculo de gravedad específica los sondajes deben estar logueadas y ubicadas en la base de datos, luego para realizar el cálculo de gravedad específica se tiene en cuenta los siguientes pasos:

- En primer lugar, en sala de logueo se reconoce el sondaje con intercepto de mineral luego seleccionar las muestras y marcar los tramos deseados.
- Las muestras deben ser tomadas cada 5 m en zonas mineralizadas (aunque las distancias pueden ser menores o mayores de acuerdo a la concentración de mineral y según el criterio del geólogo), cada 15 a 20 m en zonas no mineralizadas. Los intervalos se pueden modificar ligeramente para poder conseguir un intervalo de muestra suficientemente competente.
- Identificar que las muestras sean suficientemente competentes de tal manera que no se fragmenten al cortar.
- Luego del logueo geológico y teniendo en cuenta las consideraciones para la toma de las muestras que son; litología y mineralización con la finalidad de calcular la gravedad específica en función de sus características y la forma en cómo se presenta en la naturaleza.
- Se identifica la muestra y se marca en la caja el tramo de donde se está sacando la muestra para facilitar su ubicación y posterior devolución.
- Las muestras seleccionadas son llevadas a sala de corte para ser cortadas por el ayudante de muestreo con el petrótopo según las indicaciones dadas, las muestras deben tener entre 10 cm de longitud como mínimo y 15 cm de

longitud como máximo, en los tramos que se encuentren roca muy fracturada a triturada no aplica este método.

- Por último, se procede a llenar el formato de cálculo de gravedad específica con información como; código del sondaje, desde-hasta, ancho y la descripción del logueo geológico para luego generar una base de datos.

### **Toma de fotos**

- La muestra tiene que ser lavada antes de la toma de foto para mejorar la visibilidad. Figura 5,7 y Figura 5,8.
- Se realiza la codificación de las muestras y como escala con la ayuda del protactor se toma la foto respectiva.
- La toma de fotos de las muestras marcadas y recolectadas para gravedad específica se realizan como un control de los diferentes tipos de muestras ensayadas, esto hace referencia a las fotos que se toman a las cajas de cada sondaje finalizado después de realizar su respectivo logueo y muestreo. Figura 5,9 y Figura 5,10.



Figura 5,7 Muestras representativas del método de inmersión en cera.

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”



Figura 5,8 Muestra mineralizada tipo cebra antes de cortar.

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”





Figura 5,9 Fotografiado de cajas del sondaje DDH-4839.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

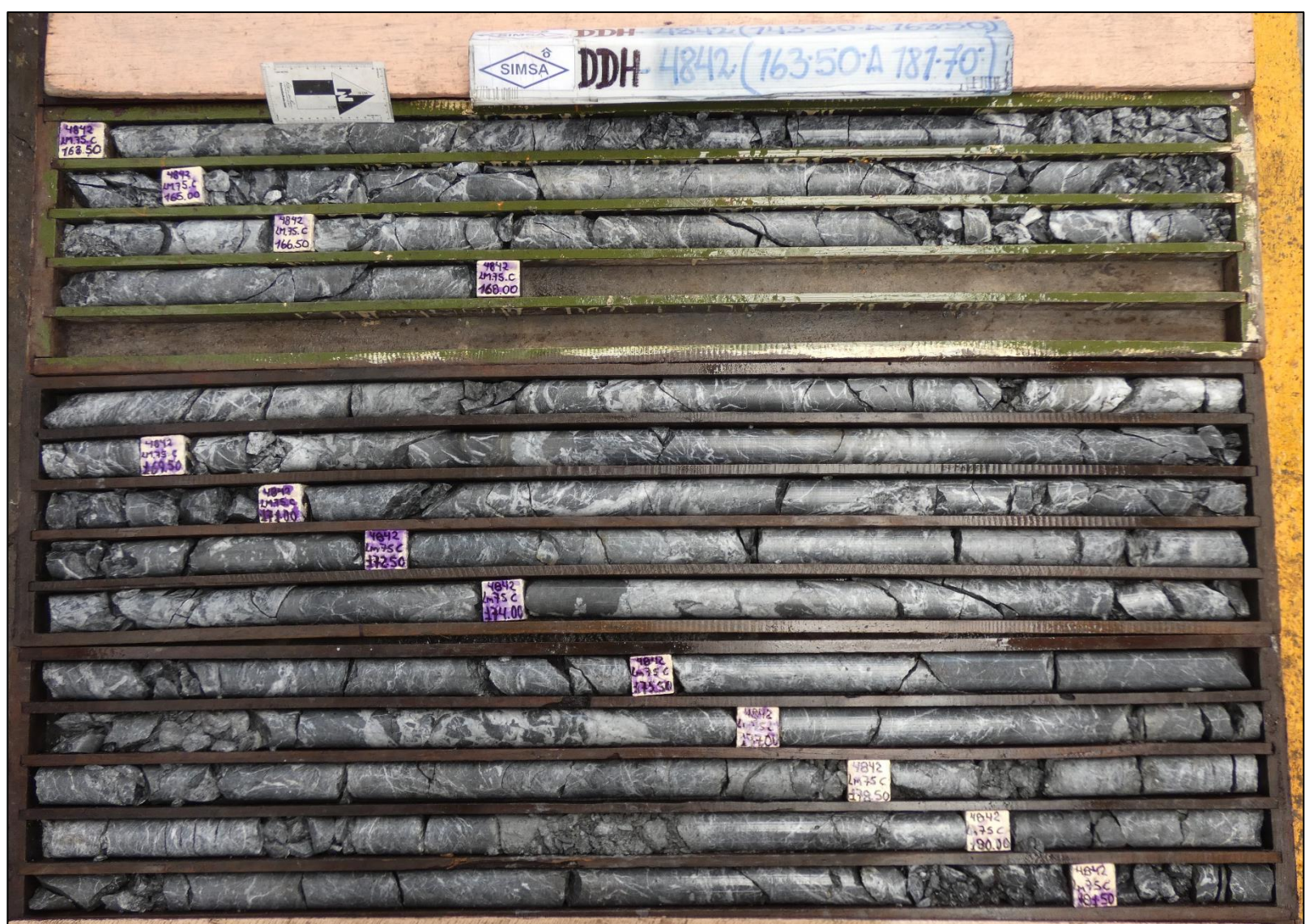


Figura 5,10 Fotografiado de cajas del sondaje DDH-4842.

"Fuente: Elaboración Cía. Minera SIMSA"



#### 5.4 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE INMERSIÓN EN CERA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA

##### Fundamento

El procedimiento, el muestreo y el cálculo que se realiza para determinar la gravedad específica por el método de inmersión en cera se rige según las siguientes normas estándares ASTM:

- ASTM – C 127: “Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de Agregado Grueso”.
- AASHTO - T 85: “Método para la Determinación de la Gravedad Específica y la Absorción de Gruesos”.
- ASTM – D 4531 - 86 (Reaprobado 2002): “Método de Ensayo Estándar para Densidad Aparente de Turba y Productos de Turba”.

La siguiente norma indica procedimientos a seguir para determinar la longitud y el diámetro de las muestras de cores en el cálculo de gravedad específica y si están conforme a las dimensiones de los estándares establecidos.

- ASTM – D 4543 - 85 (Reprobado 1991): “Método de Ensayo Estándar para Preparar Especímenes de Núcleo de Roca y Determinar las tolerancias de Dimensión y Forma”.

Por último, en el Perú se tiene una norma que deriva de las internacionales y establece procedimientos para determinar la densidad de una muestra de suelo cohesivo de forma regular.

- NTP - 339.139:1999 (Reaprobada 2014): "Determinación del Peso Volumétrico de Suelo Cohesivo".

### **Procedimiento**

En la mina San Vicente se está implementando el cálculo de la gravedad específica por el método de inmersión en cera, teniendo como referencia principal y siguiendo la norma ASTM – C 127 que plantea el Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción de Agregado Grueso considerando los siguientes pasos:

- En primer lugar, se verifica el tramo de la muestra anotado en la base de datos y luego con la balanza se toma el primer peso de la muestra.
- Luego se ingresa la muestra a la estufa eléctrica para su secado a una temperatura aproximada de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por un tiempo aproximado de entre 3 a 4 horas de secado.
- Después del tiempo de secado la muestra se retira de la estufa eléctrica para volver a controlar el peso de la muestra.
- Se ingresa la muestra nuevamente a la estufa eléctrica y se controla nuevamente su peso media hora después, para calcular la variación porcentual del peso en media hora, repetir este proceso hasta que la diferencia porcentual del peso en media hora sea igual a (o menor de) 0.5%.
- Luego de este proceso con la balanza se procede a tomar el peso de la muestra secada en aire (W1) anotándolo en el formato correspondiente.
- Se calienta la bandeja metálica con la cera en la estufa eléctrica hasta que se funda a una temperatura de  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Se procede a tomar la longitud y el diámetro de la muestra seca.



- Se sumerge la muestra en la cera fundida para cubrir de una capa delgada (de ser necesario, repetir el proceso para eliminar cualquier área que haya quedado descubierta en la superficie de la muestra), este recubrimiento permitirá que la muestra no absorba agua durante el pesaje en agua.
- Después de cubrir toda la muestra con cera, se procede a tomar el peso de la muestra con cera en aire (W2) anotándolo en el formato correspondiente.
- Posteriormente, se llena con agua el recipiente y se tomará el peso de la muestra bajo el agua.
- Se sumerge la muestra cubierta con cera tratando de evitar que el agua no rebalse del recipiente y se registra el peso con cera en agua (W3).
- Se vuelve a pesar la muestra sobre la balanza 2° peso en aire, con la finalidad de verificar el primer peso, humedad absorbida o no.
- Al finalizar el ensayo se procede a quitar la cera de la muestra en una bandeja metálica con agua caliente, esperando unos 5 a 10 minutos.
- Se procede a realizar el cálculo de la densidad aparente, mediante la siguiente fórmula:

$$\rho_{aparente} = \frac{W1}{\left(\frac{W2-W3}{\rho_{agua}}\right) - \left(\frac{W2-W1}{\rho_{parafina}}\right)}$$

**Donde:**

$\rho_{aparente}$  = Densidad Aparente

W1 = Peso muestra seca en aire (gr).

W2 = Peso muestra con cera en aire (gr).

W3 = Peso muestra con cera en agua (gr).

$$\rho_{parafina} = 0.90 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\rho_{agua} = 1.00 \frac{gr}{cm^3}$$

- La gravedad específica de las muestras evaluadas es numéricamente equivalente a la densidad aparente. No obstante, se debe recordar que la gravedad específica carece de unidades, a diferencia de la densidad aparente, que se expresa en  $\frac{gr}{c^3}$ .
- Este procedimiento se realiza cada vez que se requiera calcular la gravedad específica de una muestra. Se debe tener en cuenta que este ensayo se aplica a muestras de testigos de perforación diamantina.

#### **Traslado y devolución de muestras**

- Finalizado el ensayo de gravedad específica se agrupan y ordenan las muestras para ser devueltas a sus respectivas cajas.
- En la sala de logueo aún se ubican las cajas del sondaje, y se procede a la devolución teniendo en cuenta el código puesto en la muestra y la codificación realizada en la caja manteniendo el orden respectivo.

#### **Llenado de base de datos**

- En gabinete se procede a llenar la base de datos de las muestras tomadas teniendo en cuenta los códigos utilizados en la mina San Vicente durante el ensayo de gravedad específica:

- **Código de Sondaje**

Se refiere al código del taladro de perforación diamantina al que pertenece las muestras ensayadas, por ejemplo: DDH-4597, DDH-4792, DDH-4839.

- **Código de Muestra**

Se refiere a la codificación usada para cada muestra tomada para el ensayo respectivo de la siguiente manera: M-1, M-2, M-3.

- **Desde – Hasta**

Se refiere a la profundidad de inicio y final a la que pertenece la muestra.

- **Ancho**

Se refiere a la longitud de la muestra tomada.

- **Descripción de Muestra**

Se refiere a la descripción de cada unidad litológica identificada en los sondajes muestreados, para lo cual tenemos los siguientes códigos:

- CzN = Caliza Negra Uncush
- DmSV = Dolomía San Vicente
- DmA = Dolomía Alfonso
- I = Intrusivo
- V = Volcánico

También se tiene una descripción textural de cada muestra, para lo cual tenemos los siguientes códigos:

- MS = Masiva
- LM = Laminar
- MMBx = Mineral Matrix Brecha
- Bx = Brecha

- BxT = Brecha Tectónica
- Cb = Cebra
- Cblcp = Cebra Incipiente
- CrBx = Cracker Brecha
- O = Ooide
- AFNT = Afanítica

- **Peso en Aire sin Cera**

Se refiere a la masa de la muestra seca.

- **Peso en Agua sin Cera**

Se refiere a la masa de la muestra sumergida en agua.

- **Peso en Aire con Cera**

Se refiere a la masa de la muestra seca sumergida en cera.

- **Peso en Agua con Cera**

Se refiere a la masa de la muestra en cera sumergida en agua.

- **2do Peso en aire con Cera**

Se realiza para verificar el primer peso, y corroborar si la muestra presenta humedad absorbida o no.

- **Gravedad específica**

Se refiere a la densidad resultante del ensayo de cada muestra.

Luego se llena el formato para cada muestra con su respectiva gravedad específica y fotos. Se valida la data revisando la descripción de cada

muestra, y realizando hasta dos veces el ensayo de gravedad específica cuando se presenta algún error en el ensayo.

## **5.5 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Se digitaliza las secciones geológicas y el logueo geológico en los programas Vulcan y Downhole respectivamente, luego se realiza una interpretación geológica teniendo en cuenta la ubicación del sondaje donde se tomaron las muestras para calcular la gravedad específica por el método de inmersión en cera para finalmente estimar los recursos o descartar zonas de explotación.

### **5.5.1 Tratamiento de datos por estadística descriptiva básica de los valores de gravedad específica**

Se procedió a realizar un análisis estadístico mediante el cálculo de la media, mediana, valor máximo, valor mínimo y desviación estándar y otros en relación a los 200 valores de gravedad específica calculados por el método de inmersión en cera tanto en roca estéril como en zona mineralizada obtenidos de los 24 sondajes ensayados para la presente investigación. Tabla 5,7.

#### **- Coeficiente de Asimetría**

El resultado del coeficiente de asimetría de todos los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera es: **1.312**, este valor nos indica que existe una mayor concentración de valores de gravedad específica a la derecha de la media.

Tabla 5,7 Resumen de valores estadísticos

MEDIDAS ESTADÍSTICAS	RESULTADOS CON RESPECTO A LOS VALORES DE GRAVEDAD ESPECÍFICA
MEDIA ARITMÉTICA	3.088
MEDIA GEOMÉTRICA	3.078
MEDIA ARMÓNICA	3.069
MEDIANA	3.044
VALOR MÁXIMO	3.790
VALOR MÍNIMO	2.522
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.250
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	1.312

Fuente: “Elaboración propia”

Del siguiente gráfico de dispersión se puede observar que algunos valores superan el valor de la media de **3.088**, esto se debe a que son valores de gravedad específica de muestras con mineral como la esfalerita (Zn) en algunos casos asociada con galena (Pb) o muestras con fuerte presencia de pirita (Py) como en rocas volcánicas. Caso contrario a los valores que están debajo de la media que en su mayoría son de rocas estériles (caliza y dolomía). Figura 5,11.

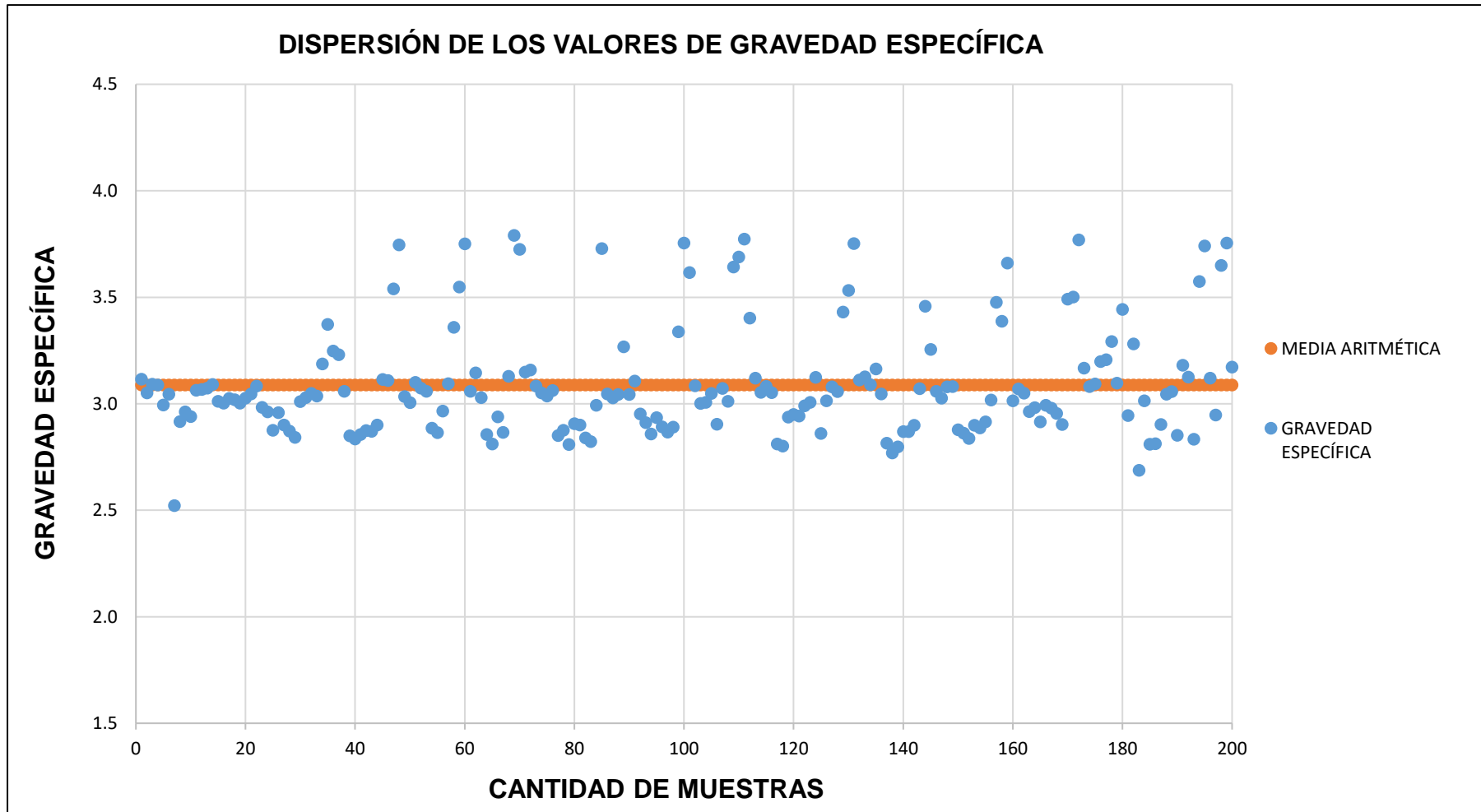


Figura 5,11 Dispersión de los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

Fuente: "Elaboración propia"

### 5.5.1.1 Cálculo de errores

Para calcular el error de los datos se usó las siguientes fórmulas en Excel:

- =+SI (Peso de muestra seca con cera > Peso de muestra seca;" ERROR";" OK").

Debido a que no es posible que el peso de la muestra seca sea mayor que el peso de la misma muestra sumergida en cera.

- =+SI (G. E<1.9, G.E>4.0)," ERROR DE G.E","NO HAY ERROR"). Debido a que valores menores a 1.9 no corresponden a una roca.

En el caso de encontrar algunos de los errores antes expuestos en la base de datos, se procede a verificar el registro físico de los datos para descartar error de tipeo, de no ser el caso, se vuelve a realizar el ensayo de inmersión en cera de la muestra. Tabla 5,8 y Tabla 5,9.



**Tabla 5,8 Formato de gravedad específica del sondaje DDH-4839.**

SONDAJE	N° DE MUESTRA	FROM	TO	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA (gr.)	LARGO (cm)	DIÁMETRO (cm)	GRAVEDAD ESPECÍFICA
DDH-4839	M-1	7.71	7.86	0.15	679.20	460.40	689.00	456.00	689.10	13.73	4.74	3.058
DDH-4839	M-2	32.50	32.65	0.15	676.80	446.20	687.20	438.10	687.40	14.60	4.76	2.849
DDH-4839	M-3	51.80	51.95	0.15	680.10	444.60	685.50	439.60	685.50	14.75	4.71	2.835
DDH-4839	M-4	70.00	70.15	0.15	700.90	460.40	712.40	454.20	712.40	14.82	4.74	2.856
DDH-4839	M-5	101.10	101.25	0.15	690.60	450.70	702.70	449.00	702.70	14.78	4.69	2.874
DDH-4839	M-6	125.20	125.35	0.15	690.90	456.30	701.50	449.00	701.50	14.81	4.69	2.870
DDH-4839	M-7	141.60	141.75	0.15	685.90	454.20	696.80	448.20	696.80	14.64	4.70	2.900
DDH-4839	M-8	162.20	162.32	0.12	615.20	422.10	625.60	416.50	625.60	12.41	4.70	3.114
DDH-4839	M-9	166.80	166.95	0.15	739.00	501.50	750.40	500.00	750.40	14.92	4.70	3.109
DDH-4839	M-10	173.50	173.65	0.15	842.30	602.40	853.00	603.10	853.10	14.71	4.70	3.539
DDH-4839	M-11	176.02	176.17	0.15	875.20	640.90	887.10	640.20	887.10	14.73	4.70	3.745
DDH-4839	M-12	182.10	182.25	0.15	725.70	487.50	737.60	485.10	737.60	14.81	4.70	3.033
DDH-4839	M-13	194.90	195.05	0.15	730.00	489.80	738.50	486.10	738.50	14.92	4.70	3.005
DDH-4839	M-14	207.45	207.60	0.15	727.50	491.40	739.00	491.60	739.00	14.84	4.70	3.101
DDH-4839	M-15	245.20	245.35	0.15	717.80	486.50	725.00	483.40	725.00	14.95	4.71	3.073

Fuente: "Elaboración propia"

**Tabla 5,9 Formato de gravedad específica del sondaje DDH-4839.**

<b>SONDAJE</b>	<b>DIFF PESO SIN CERA</b>	<b>DIFF PESO AIRE VS. AGUA</b>	<b>DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA</b>	<b>ERRORES DE DENSIDAD &lt;1.9 o &gt;4.0</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/Bx/Medio_Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	CzN/Ms/Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	CzN/Ms/Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	CzN/Lm/Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	CzN/Lm/Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	CzN/Lm/Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	CzN/Lm/Fino
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/MMBx/Grueso
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/MMBx/Grueso/TECHO
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/MMBx/Medio/Parches Sph M, G = 24.59% Zn.
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/MMBx/Medio/Masivo Sph G = 20.40% Zn. Gln = 8.14% Pb.
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/Bx/Medio/PISO
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/CrBx/Medio
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/Bx/Medio
DDH-4839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR	Dm/BxT/Grueso

Fuente: "Elaboración propia"

### **5.5.2 Cálculo de gravedad específica por método inmersión en cera**

El cálculo de gravedad específica tiene como finalidad determinar la densidad de cada material en función de sus características y la forma en la que se presenta en el yacimiento para luego complementar los valores obtenidos con el logueo geológico del sondaje y generar una sección geológica de la zona donde se presenta la mineralización y poder definirla para su explotación.

La implementación del cálculo de gravedad específica por el método de inmersión en cera hace que la estimación de recursos minerales se realice con mayor precisión, para esto se hace un análisis comparativo y estadístico de los valores de gravedad específica que se van obteniendo de las muestras ensayadas y registradas en la base de datos, de esta manera se asigna un valor más aproximado de gravedad específica para cada bloque a estimar, luego se procede a calcular un tonelaje con una ley promedio.

En primer lugar se presenta una sección geológica de la zona de Ayala Inferior correspondiente al Tajo 8660 que se plotea utilizando el programa Vulcan donde se observa la distribución del manto mineralizado correlacionado con los últimos sondajes que se perforaron en esa zona y que interceptaron mineral que son los siguientes: DDH-4839, DDH-4842, DDH-4854, DDH-4862 y DDH-4865 y que se acoplan al modelo litológico que se trabaja en la mina San Vicente para interpretar mejor el contexto litológico donde se presenta la mineralización, y poder estimar un tonelaje más exacto de la zona a explotar. Figura 5,12.

Se tiene otra sección de la misma zona de Ayala Inferior en el Tajo 8660 donde se aprecia otro manto mineralizado y su distribución con respecto a los siguientes sondajes: DDH-4875, DDH-4877 y DDH-4884, de la misma forma se acopla al modelo litológico para una mejor interpretación de la zona mineralizada que nos permita realizar una estimación de recursos minerales más exacta. Figura 5,13.

Finalmente, una vez calculado los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera de los sondajes con mineralización se puede delimitar mejor la zona mineralizada cuando estos valores se interpolan con sus respectivas leyes de los tramos correspondientes al sondaje nos da como resultado una estimación de recursos minerales más próxima a lo extraído en mina. Actualmente se viene utilizando para la estimación de recursos minerales la técnica del Kriging que consiste en interpolar las leyes de los elementos principales de la mina San Vicente como son el zinc y el plomo, para el análisis de datos con herramientas estadísticas y geoestadísticas la mina fue dividida en 5 sectores: Ayala Inferior, Norte Domo, Sur Nuevo Rhamys, Rampa 1010 y Arcopunco, esto permite agrupar datos de los sondajes (leyes) para un mejor análisis de datos y evitar la mezcla de más de una población de datos, lo que nos llevaría a un error.

A continuación, se presenta los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera de las 200 muestras ensayadas correspondientes a los 24 sondajes ejecutados en la mina San Vicente utilizados para desarrollar la presente investigación. Tabla 5,10

Tabla 5,10 Valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera de todos los sondajes ensayados.

SONDAJE	DESCRIPCIÓN	FROM	TO	GRAVEDAD ESPECIFICA	ZONA
<b>U-1343</b>	Dolomía San Vicente con Mineral	6.60	6.75	<b>3,291</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	19.80	19.95	<b>3,096</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	24.90	25.05	<b>3,442</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	40.80	40.95	<b>2,945</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	61.90	62.05	<b>3,281</b>	AYALA INFERIOR
<b>U-1345</b>	Dolomía San Vicente con mineral	10.25	10.40	<b>3,115</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía Alfonso	23.45	23.60	<b>3,051</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía Alfonso	32.45	32.60	<b>3,092</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía Alfonso	48.75	48.90	<b>3,088</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	64.30	64.45	<b>2,994</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4584</b>	Caliza Negra Uncush	98.30	98.45	<b>2,833</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	207.70	207.85	<b>3,574</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	210.50	210.65	<b>3,741</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	232.70	232.85	<b>3,120</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4597</b>	Caliza Negra Uncush	68.70	68.85	<b>2,947</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	185.60	185.75	<b>3,649</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	199.40	199.55	<b>3,754</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	204.00	204.15	<b>3,171</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4792</b>	Dolomía San Vicente	8.66	8.81	<b>3,093</b>	AYALA INFERIOR
	Volcánico con Py	38.10	38.25	<b>3,198</b>	AYALA INFERIOR
	Volcánico con Py	68.70	68.85	<b>3,206</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4793</b>	Caliza Negra Uncush	77.66	77.81	<b>2,902</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía Alfonso	117.80	117.95	<b>3,044</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4795</b>	Dolomía Alfonso	48.15	48.30	<b>3,057</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Gris Neptuno	99.71	99.86	<b>2,852</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4796</b>	Dolomía San Vicente	19.25	19.40	<b>3,180</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	54.10	54.25	<b>3,124</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4812</b>	Dolomía San Vicente	4.10	4.25	<b>3,045</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Gris Neptuno	34.52	34.67	<b>2,522</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4813</b>	Caliza Negra Uncush	35.03	35.18	<b>2,916</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	51.10	51.25	<b>2,961</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	63.70	63.85	<b>2,940</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	80.50	80.65	<b>3,063</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	97.20	97.35	<b>3,066</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	112.85	113.00	<b>3,073</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	134.45	134.60	<b>3,091</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	150.30	150.45	<b>3,012</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	166.00	166.15	<b>3,003</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	169.32	169.47	<b>3,024</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	186.30	186.45	<b>3,019</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	201.30	201.45	<b>3,002</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	218.30	218.45	<b>3,027</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	244.20	244.35	<b>3,045</b>	AYALA INFERIOR
<b>DDH-4814</b>	Dolomía San Vicente	14.65	14.80	<b>3,083</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	32.15	32.30	<b>2,982</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	52.84	52.98	<b>2,961</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	70.10	70.22	<b>2,875</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	86.50	86.65	<b>2,957</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	101.20	101.35	<b>2,899</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	117.40	117.55	<b>2,871</b>	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	136.25	136.40	<b>2,842</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	171.50	171.65	<b>3,010</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	189.07	189.22	<b>3,029</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	211.93	212.08	<b>3,048</b>	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	228.80	228.95	<b>3,036</b>	AYALA INFERIOR
	<b>DDH-4837</b>	Dolomía San Vicente	8.28	8.43	<b>3,187</b>
Volcánico con Py		19.10	19.25	<b>3,372</b>	AYALA INFERIOR
Dolomía San Vicente		38.17	38.32	<b>3,247</b>	AYALA INFERIOR
Dolomía San Vicente		52.50	52.65	<b>3,230</b>	AYALA INFERIOR

SONDAJE	DESCRIPCIÓN	FROM	TO	GRAVEDAD ESPECIFICA	ZONA
DDH-4839	Dolomía San Vicente	7.71	7.86	3,058	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	32.50	32.65	2,849	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	51.80	51.95	2,835	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	70.00	70.15	2,856	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	101.10	101.25	2,874	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	125.20	125.35	2,870	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	141.60	141.75	2,900	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	162.20	162.32	3,114	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	166.80	166.95	3,109	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con mineral	173.50	173.65	3,539	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con mineral	176.02	176.17	3,745	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	182.10	182.25	3,033	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	194.90	195.05	3,005	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	207.45	207.60	3,101	AYALA INFERIOR
Dolomía San Vicente	245.20	245.35	3,073	AYALA INFERIOR	
DDH-4842	Dolomía San Vicente	11.30	11.45	3,058	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	36.20	36.35	2,885	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	84.70	84.85	2,864	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	149.50	149.65	2,965	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	162.10	162.25	3,094	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	166.40	166.55	3,359	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	169.80	169.95	3,548	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	173.90	174.05	3,751	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	183.70	183.85	3,058	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	269.50	269.65	3,144	AYALA INFERIOR
DDH-4854	Dolomía San Vicente	9.10	9.25	3,029	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	42.50	42.65	2,856	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	80.40	80.55	2,811	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	115.70	115.85	2,938	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	144.60	144.75	2,865	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	166.30	166.45	3,129	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	170.50	170.65	3,790	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	173.60	173.75	3,724	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	177.20	177.35	3,148	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	182.70	182.85	3,159	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	188.40	188.55	3,083	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	194.80	194.95	3,050	AYALA INFERIOR
Dolomía San Vicente	201.10	201.25	3,036	AYALA INFERIOR	
DDH-4862	Dolomía San Vicente	6.15	6.30	3,062	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	35.65	35.80	2,850	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	82.45	82.60	2,876	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	110.25	110.40	2,808	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	130.12	130.27	2,906	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	142.05	142.20	2,899	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	155.30	155.45	2,839	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	160.16	160.31	2,822	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	170.90	171.05	2,993	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	174.95	175.10	3,728	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	177.25	177.40	3,045	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	180.60	180.75	3,028	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	183.85	184.00	3,043	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	185.15	185.30	3,267	AYALA INFERIOR
Dolomía San Vicente	187.50	187.65	3,044	AYALA INFERIOR	
DDH-4865	Dolomía San Vicente	9.51	9.66	3,106	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	34.60	34.75	2,952	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	81.00	81.15	2,910	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	108.40	108.55	2,858	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	127.20	127.35	2,934	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	143.75	143.90	2,891	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	152.20	152.35	2,867	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	158.15	158.30	2,890	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	175.80	175.95	3,338	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	180.30	180.45	3,754	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	182.60	182.75	3,616	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	186.80	186.95	3,084	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	194.70	194.85	3,001	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	200.50	200.65	3,006	AYALA INFERIOR
Dolomía San Vicente	209.40	209.55	3,049	AYALA INFERIOR	

SONDAJE	DESCRIPCIÓN	FROM	TO	GRAVEDAD ESPECIFICA	ZONA
DDH-4867	Caliza Negra Uncush	2.40	2.55	2,904	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	7.60	7.75	3,072	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	17.30	17.45	3,012	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	24.30	24.45	3,642	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	27.40	27.55	3,689	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	31.80	31.95	3,773	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	37.00	37.15	3,402	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	40.60	40.75	3,120	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	45.80	45.95	3,053	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	49.70	49.85	3,081	AYALA INFERIOR
DDH-4869	Dolomía San Vicente	6.45	6.60	3,052	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	25.30	25.45	2,811	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	55.00	55.15	2,801	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	83.60	83.75	2,937	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	97.35	97.50	2,949	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	122.10	122.25	2,942	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	148.05	148.20	2,990	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	171.50	171.65	3,006	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	189.40	189.55	3,123	AYALA INFERIOR
	Volcánico con Py	207.70	207.85	2,860	AYALA INFERIOR
DDH-4870	Dolomía San Vicente	4.95	5.10	3,013	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	14.70	14.85	3,079	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	20.85	21.00	3,057	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	23.00	23.15	3,430	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	28.10	28.25	3,532	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	32.20	32.35	3,751	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	37.60	37.75	3,112	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	50.00	50.15	3,126	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	57.80	57.95	3,089	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	67.40	67.55	3,164	AYALA INFERIOR
DDH-4875	Dolomía San Vicente	5.81	5.96	3,045	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	33.45	33.60	2,814	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	77.15	77.30	2,769	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	103.15	103.30	2,797	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	130.26	130.41	2,870	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	144.88	145.03	2,869	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	154.70	154.85	2,898	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	164.40	164.55	3,070	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	166.50	166.65	3,457	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	172.64	172.79	3,254	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	185.12	185.27	3,058	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	193.40	193.55	3,026	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	201.60	201.75	3,079	AYALA INFERIOR

SONDAJE	DESCRIPCIÓN	FROM	TO	GRAVEDAD ESPECIFICA	ZONA
DDH-4877	Dolomía San Vicente	8.15	8.30	3,080	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	29.40	29.55	2,878	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	52.35	52.50	2,862	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	81.10	81.25	2,837	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	125.77	125.92	2,898	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	139.60	139.75	2,886	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	147.17	147.32	2,915	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	157.80	157.95	3,017	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	162.60	162.75	3,477	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	168.40	168.55	3,387	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	176.60	176.75	3,660	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	182.10	182.25	3,013	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	187.45	187.60	3,070	AYALA INFERIOR
DDH-4884	Dolomía San Vicente	10.71	10.86	3,049	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	22.50	22.65	2,963	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	50.00	50.15	2,981	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	71.10	71.25	2,915	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	85.20	85.35	2,993	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	101.60	101.75	2,978	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	132.20	132.35	2,954	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	146.80	146.95	2,902	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	170.60	170.75	3,491	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	176.25	176.40	3,501	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente con Mineral	181.65	181.80	3,770	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	190.10	190.25	3,166	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	196.45	196.60	3,081	AYALA INFERIOR
DDH-4903	Intrusivo	4.15	4.30	2,687	AYALA INFERIOR
	Dolomía San Vicente	73.60	73.75	3,013	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Uncush	105.20	105.35	2,809	AYALA INFERIOR
	Caliza Negra Basal	528.42	528.57	2,812	AYALA INFERIOR

Fuente: "Elaboración propia"



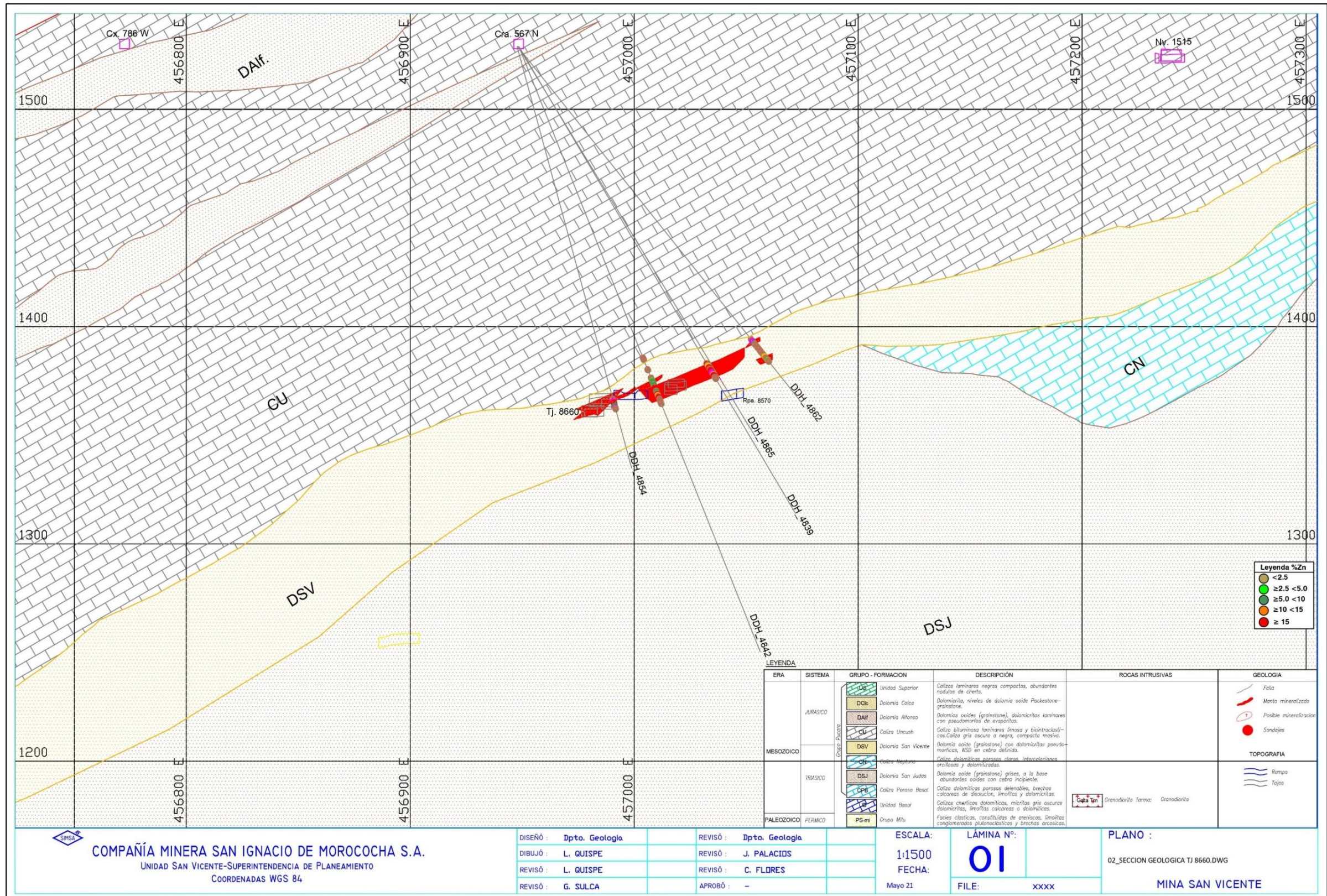


Figura 5,12 Sección de los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4854, DDH-4862, DDH-4865 con intercepto de mineral del Tajo 8660.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



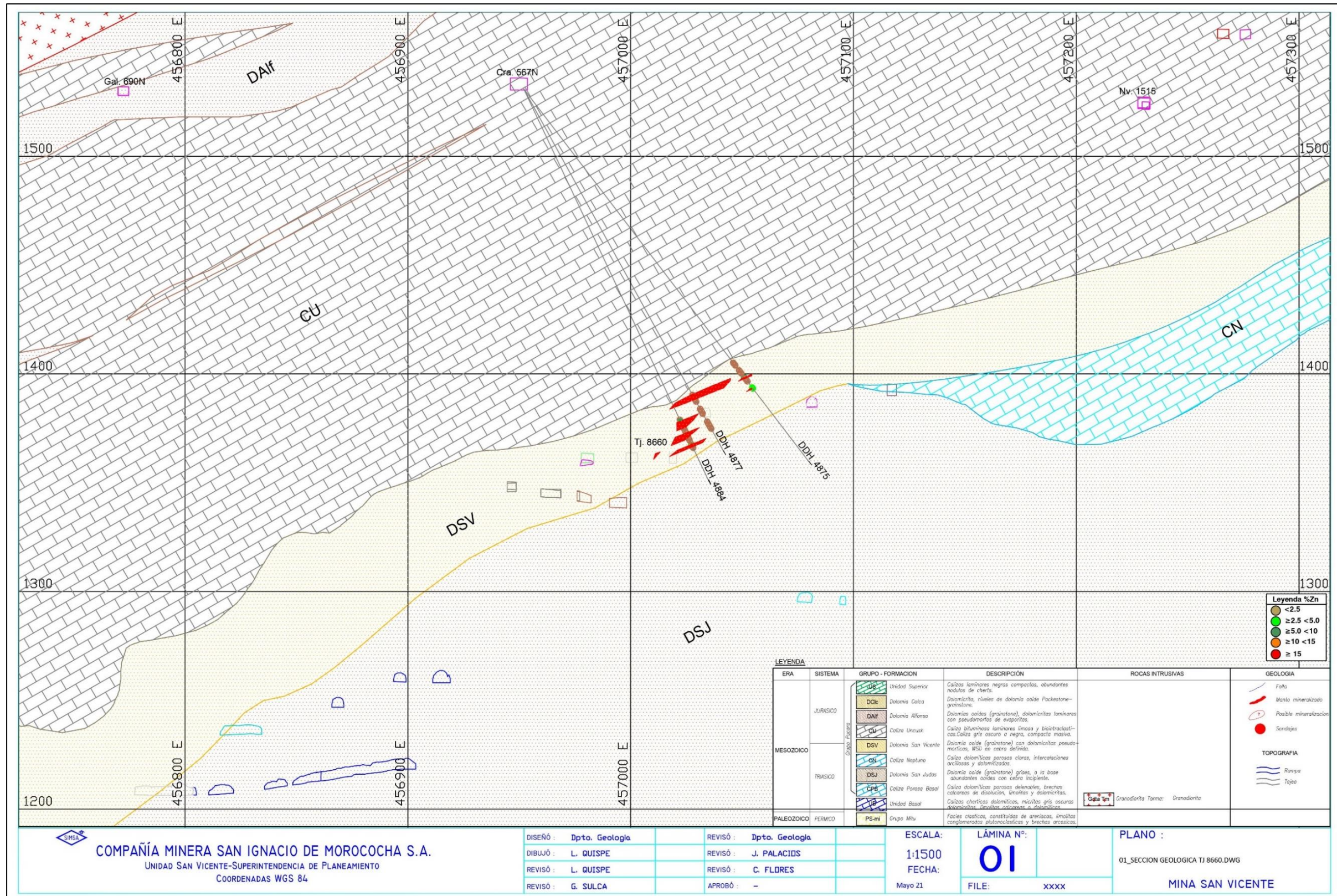


Figura 5,13 Sección de los sondajes DDH-4875, DDH-4877, DDH-4884 con intercepto de mineral del Tajo 8660.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



## 5.6 CÁLCULO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA POR EL MÉTODO TEÓRICO

Los valores de gravedad específica obtenidos por el método teórico en la mina San Vicente han servido para la estimación de recursos de la mina esto ha sido realizado con los programas: Vulcan, Datamine y Minesight 3D, donde se ingresa las leyes obtenidas de los muestreos realizados a sondajes mineralizados en la sala de logueo y ensayados por laboratorio, se procede a calcular los valores de gravedad específica de cada bloque a estimar que comprende el tramo de muestreo del sondaje donde se intercepta mineral con la fórmula dada por San Vicente que correlaciona el peso específico y la ley sucesivamente para cada bloque mineralizado, finalmente cada bloque nos da un valor numérico que representa el tonelaje de la zona en la cual se realizó la estimación de recursos. La fórmula es una ecuación lineal que indica la relación entre el peso específico y la ley equivalente de Zinc como se presenta a continuación:

$$\text{Peso Específico} = 2.703 + (0.024 \times \text{Ley de Zinc})$$

Los resultados de la estimación de recursos se vienen dando con los valores de gravedad específica obtenidos mediante el método teórico, esto mantiene su vigencia debido a que los resultados obtenidos con esta fórmula son aceptables para la producción de la mina, complementando la estimación de recursos con el método del inverso a la distancia que consiste en asignar el mayor peso específico a las muestras cercanas y menor peso específico a las muestras alejadas del bloque para luego ponderar con las leyes por el inverso a la distancia al cuadrado, con lo cual la precisión y confianza de la estimación de recursos minerales es baja debido a que no agrupa los datos y los pesos específico de cada muestra son determinados por un criterio

geométrico. A continuación, se indica como se calcula los valores de gravedad específica mediante el método teórico que tiene como enunciado la fórmula ya mencionada anteriormente, en este caso los sondajes que interceptan mineral en la zona de Ayala Inferior del Tajo 8660 son utilizados para la estimación de recursos minerales realizada en la mina San Vicente.

En primer lugar, se verifica que el logeo geológico del sondaje este completo y en este caso por presentar mineralización se debe tener en cuenta los resultados de laboratorio de las leyes del tramo muestreado para proceder a calcular los valores de gravedad específica con la fórmula del método teórico. Para verificar este procedimiento se utilizó uno de los sondajes con intercepto de mineral del Tajo 8660 de la zona de Ayala Inferior como lo es el sondaje DDH-4839 con sus respectivos datos de leyes de la zona mineralizada emitido por laboratorio de mina San Vicente y luego aplicar la respectiva ecuación lineal. Tabla 5.11.

Por ejemplo, en el tramo desde 170.10 m. hasta 170.45 m. se tiene una ley de zinc numéricamente igual a 25.84, aplicando la ecuación:

$$\text{Peso Específico} = 2.703 + (0.024 \times 25.84) = 3.323$$

De esta manera se calcula los valores de gravedad específica de los sondajes con mineralización para luego realizar la estimación de recursos, el mismo proceso se repite con otros sondajes mineralizados. Tabla 5,12; Tabla 5,13; Tabla 5,14; Tabla 5,15; Tabla 5,16; Tabla 5,17 y Tabla 5,18.

**Tabla 5,11 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4839.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504839	169.60	170.10	0.01	0.31	0.37	2.710
2N51504839	170.10	170.45	0.12	25.84	1.64	3.323
2N51504839	170.45	170.95	0.01	1.59	0.57	2.741
2N51504839	170.95	171.85	0.04	11.81	0.58	2.986
2N51504839	171.85	172.50	0.06	15.23	0.67	3.069
2N51504839	172.50	173.35	0.01	0.36	0.40	2.712
2N51504839	173.35	174.45	0.09	24.59	1.05	3.293
2N51504839	174.45	175.00	0.05	33.92	2.32	3.517
2N51504839	175.00	175.55	0.10	32.94	1.95	3.494
2N51504839	175.55	175.95	0.59	13.42	0.85	3.025
2N51504839	175.95	176.45	8.14	20.40	2.24	3.193
2N51504839	176.45	176.95	0.41	19.47	0.97	3.170
2N51504839	176.95	178.00	0.02	0.33	0.22	2.711

**Tabla 5,12 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4842.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504842	164.10	165.35	0.01	0.01	0.23	2.703
2N51504842	165.35	165.75	0.03	3.01	0.38	2.776
2N51504842	165.75	166.35	0.01	0.04	0.48	2.704
2N51504842	166.35	166.75	0.06	9.10	0.70	2.923
2N51504842	166.75	167.15	0.24	5.91	0.70	2.851
2N51504842	167.15	167.85	0.01	0.02	0.47	2.704
2N51504842	167.85	168.60	0.09	8.92	0.68	2.919
2N51504842	168.60	169.00	0.02	1.93	0.79	2.750
2N51504842	169.00	169.75	0.12	15.10	0.81	3.068
2N51504842	169.75	170.55	0.12	21.96	0.91	3.233
2N51504842	170.55	171.15	0.01	0.05	0.16	2.704
2N51504842	171.15	171.60	0.02	9.01	0.59	2.920
2N51504842	171.60	172.25	0.01	1.10	0.28	2.730
2N51504842	172.25	172.70	0.07	25.45	1.22	3.315
2N51504842	172.70	173.25	0.02	10.43	0.60	2.954
2N51504842	173.25	173.75	0.02	1.39	0.38	2.737
2N51504842	173.75	174.45	4.03	24.30	1.10	3.383
2N51504842	174.45	175.80	0.01	0.07	0.37	2.705

**Tabla 5,13 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4854.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504854	169.15	169.80	0.04	0.19	0.29	2.709
2N51504854	169.80	170.20	0.10	0.89	0.25	2.727
2N51504854	170.20	171.00	4.87	32.11	1.71	3.591
2N51504854	171.00	172.50	0.21	16.14	0.98	3.095
2N51504854	172.50	173.25	0.10	7.89	0.79	2.895
2N51504854	173.25	173.80	1.71	32.85	1.84	3.532
2N51504854	173.80	174.15	0.01	0.04	0.35	2.704

**Tabla 5,14 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4862.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504862	172.70	173.80	0.022	0.304	0.239	2.711
2N51504862	173.80	174.60	1.676	31.081	2.00	3.489
2N51504862	174.60	175.10	11.467	36.486	1.59	3.854
2N51504862	175.10	175.50	0.071	8.588	0.936	2.911
2N51504862	175.50	176.35	0.027	1.103	0.477	2.730
2N51504862	176.35	176.90	0.018	1.818	0.757	2.747
2N51504862	176.90	178.45	0.012	0.061	0.523	2.705
2N51504862	178.45	179.60	0.01	0.008	0.537	2.703
2N51504862	179.60	180.90	0.007	0.009	0.396	2.703
2N51504862	180.90	182.90	0.012	0.119	0.458	2.706
2N51504862	182.90	183.60	0.091	11.026	0.853	2.970
2N51504862	183.60	184.50	0.011	0.192	0.402	2.708
2N51504862	184.50	185.15	0.012	0.181	0.483	2.708
2N51504862	185.15	185.55	0.191	2.792	0.529	2.775
2N51504862	185.55	186.00	0.016	0.108	0.195	2.706

**Tabla 5,15 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4865.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504865	173.55	174.55	0.015	0.079	0.527	2.705
2N51504865	174.55	175.00	0.022	2.845	0.466	2.772
2N51504865	175.00	175.80	0.021	0.156	0.364	2.707
2N51504865	175.80	176.30	0.064	3.822	0.497	2.796
2N51504865	176.30	176.95	0.01	0.081	0.412	2.705
2N51504865	176.95	177.40	0.019	0.988	0.381	2.727
2N51504865	177.40	178.00	0.02	0.018	0.611	2.704
2N51504865	178.00	178.50	0.01	0.013	0.492	2.704
2N51504865	178.50	178.90	0.033	0.030	0.598	2.705
2N51504865	178.90	179.15	0.008	0.040	0.379	2.704
2N51504865	179.15	179.50	0.034	0.121	0.684	2.707
2N51504865	179.50	179.80	4.632	15.885	0.866	3.195
2N51504865	179.80	180.30	0.137	25.188	1.107	3.311
2N51504865	180.30	181.30	0.847	34.753	2.102	3.557
2N51504865	181.30	182.60	0.013	2.021	0.274	2.752
2N51504865	182.60	182.90	0.039	23.819	1.696	3.276
2N51504865	182.90	183.25	0.007	0.031	0.231	2.704

**Tabla 5,16 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4875.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504875	158.10	158.65	0.02	0.02	0.30	2.704
2N51504875	158.65	159.10	0.02	0.13	0.31	2.707
2N51504875	159.10	159.70	0.02	0.01	0.26	2.704
2N51504875	162.50	162.90	0.03	0.01	0.42	2.704
2N51504875	162.90	163.50	0.03	0.52	0.41	2.716
2N51504875	163.50	164.35	0.03	0.02	0.39	2.704
2N51504875	166.15	166.50	0.03	0.01	0.22	2.704
2N51504875	166.50	167.20	0.04	8.98	0.84	2.919
2N51504875	167.20	168.00	0.03	0.28	0.40	2.710
2N51504875	168.60	168.90	0.04	0.66	0.64	2.720
2N51504875	172.50	173.00	0.04	3.33	0.53	2.784

**Tabla 5,17 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4877.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504877	160.55	161.75	0.05	1.78	0.60	2.747
2N51504877	161.75	162.00	0.04	0.13	0.33	2.707
2N51504877	162.00	163.15	0.08	2.65	0.53	2.769
2N51504877	163.15	164.03	0.04	1.51	0.43	2.740
2N51504877	167.80	168.20	0.03	0.09	0.57	2.706
2N51504877	168.20	168.90	0.03	1.66	0.55	2.744
2N51504877	168.90	169.80	0.03	0.3	0.51	2.711
2N51504877	169.80	170.35	0.03	0.9	0.66	2.725
2N51504877	174.50	174.75	0.03	0.05	0.65	2.705
2N51504877	174.75	175.25	0.03	0.53	0.45	2.716
2N51504877	175.25	176.50	0.03	0.14	0.51	2.707
2N51504877	176.50	177.00	0.04	3.66	0.58	2.792
2N51504877	177.00	178.30	0.04	0.03	0.37	2.705

**Tabla 5,18 Valores teóricos de gravedad específica del sondaje DDH-4884.**

SONDAJE	FROM	TO	Pb	Zn	Fe	G. E
2N51504884	168.00	169.00	0.04	0.40	0.69	2.714
2N51504884	169.00	170.00	0.04	5.41	0.78	2.834
2N51504884	170.00	170.60	0.04	0.21	0.65	2.709
2N51504884	170.60	171.00	0.05	7.25	0.88	2.878
2N51504884	171.00	171.30	0.01	0.33	0.27	2.711
2N51504884	171.30	171.60	0.01	0.15	0.55	2.707
2N51504884	171.60	172.25	0.02	3.91	0.61	2.797
2N51504884	172.25	172.80	0.02	2.64	0.62	2.767
2N51504884	172.80	174.00	0.01	0.02	0.60	2.704
2N51504884	174.00	175.20	0.01	0.46	0.54	2.714
2N51504884	175.20	176.25	0.04	7.93	0.54	2.894
2N51504884	176.25	177.15	0.02	7.93	0.69	2.894
2N51504884	177.15	178.00	0.02	2.37	0.72	2.760
2N51504884	178.00	178.50	0.02	2.01	0.69	2.752
2N51504884	180.40	180.90	0.02	0.01	0.71	2.704
2N51504884	180.90	181.30	0.02	2.68	0.61	2.768
2N51504884	181.30	181.60	0.02	0.06	0.34	2.705
2N51504884	181.60	182.00	0.04	27.66	1.49	3.368
2N51504884	182.00	182.30	0.02	0.06	0.15	2.705

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

Para material sin mineralización (desmonte) principalmente en caliza y dolomía en la mina San Vicente los valores de gravedad específica tomados



por el método teórico se basaron en los resultados de las muestras enviadas en el año 2012 a un laboratorio externo y en fuentes bibliográficas referidas a los valores convencionales de gravedad específica de las rocas correspondientes a las características litológicas de la mina San Vicente con lo cual se tiene un rango de valores para asignar a cada litología estéril según corresponda con la finalidad de zonificar la mina. A continuación, se presenta el resumen de los valores entregados por dicho laboratorio con lo cual se procedió a tomar algunos valores como referencia en la mina San Vicente principalmente muestras estériles de caliza y dolomía y muestras mineralizadas. Tabla 5,19.

**Tabla 5,19 Resultados de gravedad específica de laboratorio (2012).**

<b>LITOLOGÍA</b>	<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>
<b>DOLOMÍA ESTÉRIL</b>	2.995
<b>DOLOMÍA MINERALIZADA</b>	3.858
<b>DOLOMÍA ESTÉRIL</b>	3.000
<b>CALIZA NEGRA UNCUSH</b>	2.995
<b>CALIZA NEGRA UNCUSH</b>	2.860
<b>DOLOMÍA ESTÉRIL</b>	2.955
<b>DOLOMÍA MINERALIZADA</b>	3.488
<b>DOLOMÍA ESTÉRIL</b>	3.030
<b>DOLOMÍA ESTÉRIL</b>	2.940
<b>CALIZA NEGRA UNCUSH</b>	2.865
<b>CALIZA NEGRA UNCUSH</b>	2.830

Fuente: “Elaboración Cía. Minera SIMSA”

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### 6.1.1 Resultados de la estimación de recursos por el método de inmersión en cera con intercepto de mineral del Tajo 8660.

Se procedió a estimar los recursos correspondientes al Tajo 8660 con los valores obtenidos mediante el método de inmersión en cera los cuales fueron ingresados al programa Vulcan con sus respectivas leyes para generar los 14 sólidos que conforman el Tajo 8660 y calcular su respectivo tonelaje como se detalla a continuación:

- **Sólido P5-01**

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
<b>P5_01</b>	MEDIDO	8 827	6.22	13.03	0.25	3.36
	INDICADO	5 913	6.44	14.88	0.24	3.36
	INFERIDO	102	3.63	12.90	0.08	3.36
<b>Total P5_01</b>		<b>14 842</b>	<b>6.29</b>	<b>13.77</b>	<b>0.25</b>	<b>3.36</b>
<b>Total general</b>		<b>14 842</b>	<b>6.29</b>	<b>13.77</b>	<b>0.25</b>	<b>3.36</b>

## - Sólido P5-03

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_03	MEDIDO	2 989	3.69	8.28	0.07	3.36
	INDICADO	17	1.20	8.71	0.08	3.36
<b>Total P5_03</b>		<b>3 006</b>	<b>3.67</b>	<b>8.28</b>	<b>0.07</b>	<b>3.36</b>
<b>Total general</b>		<b>3 006</b>	<b>3.67</b>	<b>8.28</b>	<b>0.07</b>	<b>3.36</b>

## - Sólido P5-04

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_04	INFERIDO	2 297	1.83	14.43	1.63	3.16
<b>Total P5_04</b>		<b>2 297</b>	<b>1.83</b>	<b>14.43</b>	<b>1.63</b>	<b>3.16</b>
<b>Total general</b>		<b>2 297</b>	<b>1.83</b>	<b>14.43</b>	<b>1.63</b>	<b>3.16</b>

## - Sólido P5-05

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_05	INFERIDO	1 074	1.22	5.19	0.02	3.37
<b>Total P5_05</b>		<b>1 074</b>	<b>1.22</b>	<b>5.19</b>	<b>0.02</b>	<b>3.37</b>
<b>Total general</b>		<b>1 074</b>	<b>1.22</b>	<b>5.19</b>	<b>0.02</b>	<b>3.37</b>

## - Sólido P5-09

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_09	INFERIDO	2 779	3.28	3.03	0.03	3.37
<b>Total P5_09</b>		<b>2 779</b>	<b>3.28</b>	<b>3.03</b>	<b>0.03</b>	<b>3.37</b>
<b>Total general</b>		<b>2 779</b>	<b>3.28</b>	<b>3.03</b>	<b>0.03</b>	<b>3.37</b>

## - Sólido P5-10

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_10	INFERIDO	2 236	2.59	3.69	0.02	3.37
<b>Total P5_10</b>		<b>2 236</b>	<b>2.59</b>	<b>3.69</b>	<b>0.02</b>	<b>3.37</b>
<b>Total general</b>		<b>2 236</b>	<b>2.59</b>	<b>3.69</b>	<b>0.02</b>	<b>3.37</b>

## - Sólido P5-11

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_11	MEDIDO	590	2.32	6.45	0.27	3.32
	INDICADO	4 790	2.57	5.49	0.22	3.32
	INFERIDO	387	2.33	3.37	0.10	3.32
<b>Total P5_11</b>		<b>5 767</b>	<b>2.53</b>	<b>5.44</b>	<b>0.21</b>	<b>3.32</b>
<b>Total general</b>		<b>5 767</b>	<b>2.53</b>	<b>5.44</b>	<b>0.21</b>	<b>3.32</b>

## - Sólido P5-12

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_12	INFERIDO	1 595	2.15	1.20	0.03	3.34
<b>Total P5_12</b>		<b>1 595</b>	<b>2.15</b>	<b>1.20</b>	<b>0.03</b>	<b>3.34</b>
<b>Total general</b>		<b>1 595</b>	<b>2.15</b>	<b>1.20</b>	<b>0.03</b>	<b>3.34</b>

## - Sólido P5-13

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_13	MEDIDO	425	3.33	22.27	0.26	3.45
	INDICADO	50	1.73	23.16	0.19	3.45
<b>Total P5_13</b>		<b>474</b>	<b>3.17</b>	<b>22.36</b>	<b>0.25</b>	<b>3.45</b>
<b>Total general</b>		<b>474</b>	<b>3.17</b>	<b>22.36</b>	<b>0.25</b>	<b>3.45</b>

## - Sólido P5-14

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_14	INFERIDO	2 764	2.69	2.02	0.06	3.31
<b>Total P5_14</b>		<b>2 764</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>0.06</b>	<b>3.31</b>
<b>Total general</b>		<b>2 764</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>0.06</b>	<b>3.31</b>

## - Sólido P5-15

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_15	INFERIDO	922	2.75	1.34	0.04	3.16
<b>Total P5_15</b>		<b>922</b>	<b>2.75</b>	<b>1.34</b>	<b>0.04</b>	<b>3.16</b>
<b>Total general</b>		<b>922</b>	<b>2.75</b>	<b>1.34</b>	<b>0.04</b>	<b>3.16</b>

## - Sólido P5-16

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_16	INFERIDO	219	0.61	3.90	0.03	3.21
<b>Total P5_16</b>		<b>219</b>	<b>0.61</b>	<b>3.90</b>	<b>0.03</b>	<b>3.21</b>
<b>Total general</b>		<b>219</b>	<b>0.61</b>	<b>3.90</b>	<b>0.03</b>	<b>3.21</b>

- **Sólido P5-17**

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_17	INFERIDO	217	0.61	0.81	0.01	3.21
<b>Total P5_17</b>		<b>217</b>	<b>0.61</b>	<b>0.81</b>	<b>0.01</b>	<b>3.21</b>
<b>Total general</b>		<b>217</b>	<b>0.61</b>	<b>0.81</b>	<b>0.01</b>	<b>3.21</b>

- **Sólido P5-18**

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_18	MEDIDO	428	3.23	8.04	3.03	3.45
	INDICADO	101	1.82	8.87	1.68	3.45
<b>Total P5_18</b>		<b>529</b>	<b>2.96</b>	<b>8.20</b>	<b>2.78</b>	<b>3.45</b>
<b>Total general</b>		<b>529</b>	<b>2.96</b>	<b>8.20</b>	<b>2.78</b>	<b>3.45</b>

### 6.1.2 Resultados de la estimación de recursos por el método teórico con intercepto de mineral del Tajo 8660

Se procedió a estimar los recursos correspondientes al Tajo 8660 con los valores de gravedad específica obtenidos por el método teórico (interpolados del gráfico Peso Específico Vs. Ley de Zinc y la ecuación lineal dada anteriormente) los cuales fueron ingresados al programa Vulcan con sus respectivas leyes para generar los 14 sólidos que forman el Tajo 8660 y calcular su respectivo tonelaje como se detalla a continuación:

#### - Sólido P5-01

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_01	INFERIDO	92	3.63	12.90	0.08	3.01
	INDICADO	5 397	6.44	15.11	0.24	3.07
	MEDIDO	7 940	6.22	13.10	0.25	3.02
<b>Total P5_01</b>		<b>13 428</b>	<b>6.29</b>	<b>13.90</b>	<b>0.25</b>	<b>3.04</b>
<b>Total general</b>		<b>13 428</b>	<b>6.29</b>	<b>13.90</b>	<b>0.25</b>	<b>3.04</b>

#### - Sólido P5-03

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_03	INDICADO	14	1.20	8.71	0.08	2.91
	MEDIDO	2 582	3.68	8.33	0.07	2.90
<b>Total P5_03</b>		<b>2 596</b>	<b>3.67</b>	<b>8.33</b>	<b>0.07</b>	<b>2.90</b>
<b>Total general</b>		<b>2 596</b>	<b>3.67</b>	<b>8.33</b>	<b>0.07</b>	<b>2.90</b>



## - Sólido P5-04

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_04	INFERIDO	2 242	1.83	14.63	1.68	3.09
<b>Total P5_04</b>		<b>2 242</b>	<b>1.83</b>	<b>14.63</b>	<b>1.68</b>	<b>3.09</b>
<b>Total general</b>		<b>2 242</b>	<b>1.83</b>	<b>14.63</b>	<b>1.68</b>	<b>3.09</b>

## - Sólido P5-05

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_05	INFERIDO	903	1.22	5.20	0.02	2.83
<b>Total P5_05</b>		<b>903</b>	<b>1.22</b>	<b>5.20</b>	<b>0.02</b>	<b>2.83</b>
<b>Total general</b>		<b>903</b>	<b>1.22</b>	<b>5.20</b>	<b>0.02</b>	<b>2.83</b>

## - Sólido P5-09

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_09	INFERIDO	2 292	3.28	3.03	0.03	2.78
<b>Total P5_09</b>		<b>2 292</b>	<b>3.28</b>	<b>3.03</b>	<b>0.03</b>	<b>2.78</b>
<b>Total general</b>		<b>2 292</b>	<b>3.28</b>	<b>3.03</b>	<b>0.03</b>	<b>2.78</b>

## - Sólido P5-10

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_10	INFERIDO	1 855	2.59	3.69	0.02	2.79
<b>Total P5_10</b>		<b>1 855</b>	<b>2.59</b>	<b>3.69</b>	<b>0.02</b>	<b>2.79</b>
<b>Total general</b>		<b>1 855</b>	<b>2.59</b>	<b>3.69</b>	<b>0.02</b>	<b>2.79</b>

## - Sólido P5-11

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_11	INFERIDO	324	2.32	3.55	0.11	2.79
	INDICADO	4 093	2.57	5.65	0.22	2.84
	MEDIDO	509	2.32	6.73	0.28	2.87
<b>Total P5_11</b>		<b>4 926</b>	<b>2.53</b>	<b>5.62</b>	<b>0.22</b>	<b>2.84</b>
<b>Total general</b>		<b>4 926</b>	<b>2.53</b>	<b>5.62</b>	<b>0.22</b>	<b>2.84</b>

## - Sólido P5-12

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_12	INFERIDO	1 306	2.15	1.21	0.03	2.73
<b>Total P5_12</b>		<b>1 306</b>	<b>2.15</b>	<b>1.21</b>	<b>0.03</b>	<b>2.73</b>
<b>Total general</b>		<b>1 306</b>	<b>2.15</b>	<b>1.21</b>	<b>0.03</b>	<b>2.73</b>

## - Sólido P5-13

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_13	INDICADO	47	1.73	23.18	0.19	3.26
	MEDIDO	400	3.32	22.38	0.25	3.25
<b>Total P5_13</b>		<b>447</b>	<b>3.15</b>	<b>22.47</b>	<b>0.25</b>	<b>3.25</b>
<b>Total general</b>		<b>447</b>	<b>3.15</b>	<b>22.47</b>	<b>0.25</b>	<b>3.25</b>

## - Sólido P5-14

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_14	INFERIDO	2 298	2.69	2.02	0.06	2.75
<b>Total P5_14</b>		<b>2 298</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>0.06</b>	<b>2.75</b>
<b>Total general</b>		<b>2 298</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>0.06</b>	<b>2.75</b>

## - Sólido P5-15

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_15	INFERIDO	797	2.75	1.36	0.04	2.74
<b>Total P5_15</b>		<b>797</b>	<b>2.75</b>	<b>1.36</b>	<b>0.04</b>	<b>2.74</b>
<b>Total general</b>		<b>797</b>	<b>2.75</b>	<b>1.36</b>	<b>0.04</b>	<b>2.74</b>

## - Sólido P5-16

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_16	INFERIDO	191	0.61	3.90	0.03	2.80
<b>Total P5_16</b>		<b>191</b>	<b>0.61</b>	<b>3.90</b>	<b>0.03</b>	<b>2.80</b>
<b>Total general</b>		<b>191</b>	<b>0.61</b>	<b>3.90</b>	<b>0.03</b>	<b>2.80</b>

## - Sólido P5-17

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_17	INFERIDO	184	0.61	0.81	0.01	2.72
<b>Total P5_17</b>		<b>184</b>	<b>0.61</b>	<b>0.81</b>	<b>0.01</b>	<b>2.72</b>
<b>Total general</b>		<b>184</b>	<b>0.61</b>	<b>0.81</b>	<b>0.01</b>	<b>2.72</b>

## - Sólido P5-18

SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_18	INDICADO	86	1.81	9.01	1.70	2.96
	MEDIDO	369	3.23	8.04	3.03	2.97
<b>Total P5_18</b>		<b>455</b>	<b>2.96</b>	<b>8.23</b>	<b>2.78</b>	<b>2.97</b>
<b>Total general</b>		<b>455</b>	<b>2.96</b>	<b>8.23</b>	<b>2.78</b>	<b>2.97</b>

## 6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.2.1 Gravedad específica con respecto a litologías, texturas y zona mineralizada de la mina San Vicente.

#### 6.2.1.1 Litología

De los resultados obtenidos del cálculo de gravedad específica por el método de inmersión en cera, se filtraron los datos correspondientes a cada litología de la mina San Vicente presente en los sondajes que fueron objeto de estudio de la presente investigación, luego se separaron en diferentes hojas de Excel para encontrar sus datos estadísticos de lo cual podemos destacar que: (Tabla 6,1).

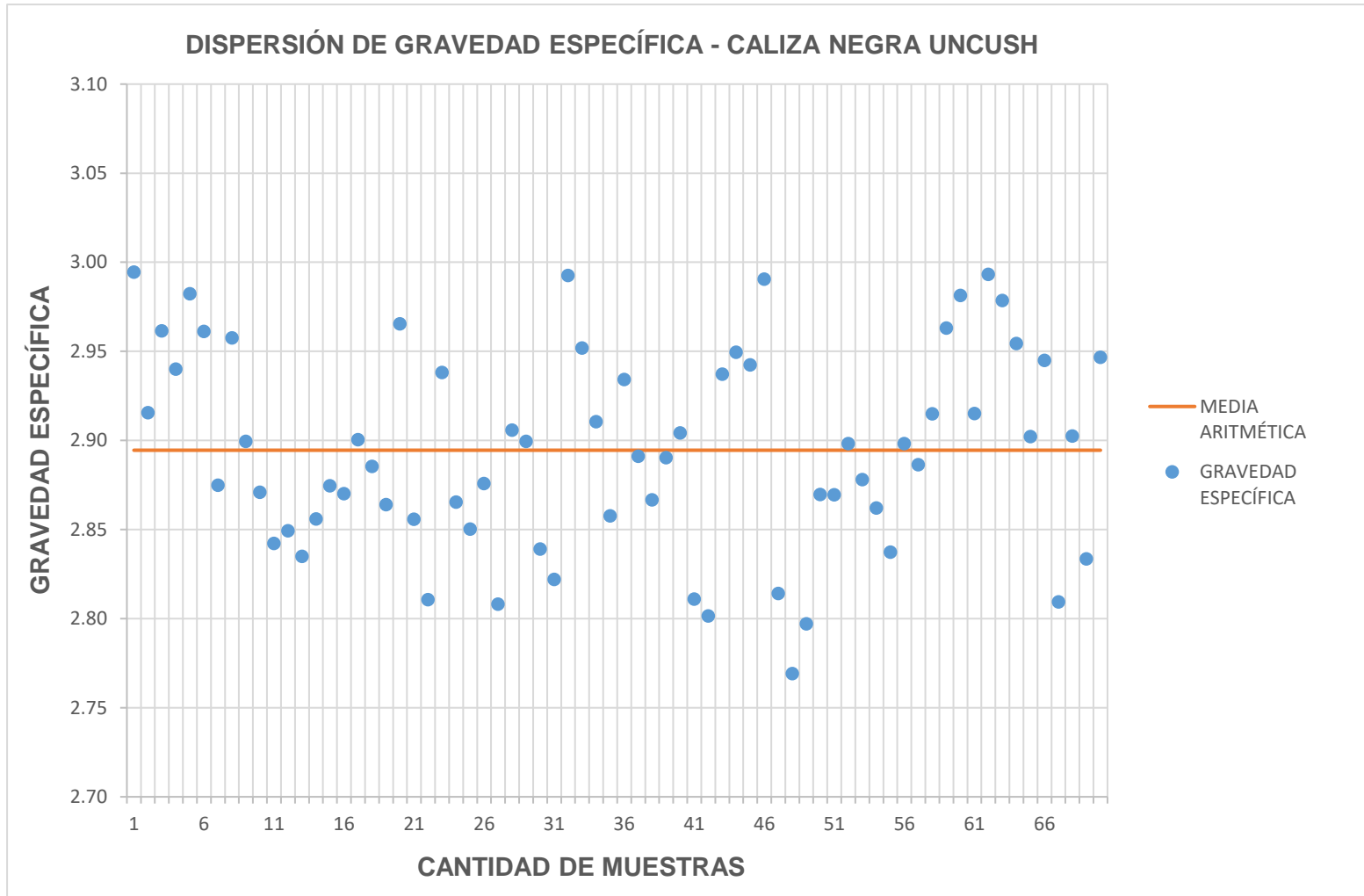
- La roca con mayor gravedad específica según la tabla 6.1, es el Volcánico, esto se debe a la presencia de pirita (py) un mineral muy denso por ello el valor aumenta, pero en general y con mayor representatividad, la Dolomía San Vicente es la roca con mayor gravedad específica con respecto a las otras litologías.
- La roca que tiene la muestra con la gravedad específica más alta es el Volcánico, pero por lo expuesto anteriormente, la Dolomía San Vicente es la roca con la gravedad específica más alta.
- La roca con menor desviación estándar o en este caso la más homogénea es la Dolomía Alfonso con respecto a los otros tipos de roca.
- Los gráficos de dispersión muestran que los valores de gravedad específica de las rocas identificadas en la mina San Vicente presentan poca variación con respecto a su gravedad específica promedio, en algunos casos presentan una mayor variación debido a la mineralogía y textura de la muestra. Figura 6,1; Figura 6,2, Figura 6,3 y Figura 6,4.

**Tabla 6,1 Cálculo estadístico de la gravedad específica por litología.**

<b>ROCA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>CALIZA NEGRA UNCUSH</b>	2.895	2.994	2.769	0.056069417
<b>DOLOMÍA ALFONSO</b>	3.066	3.092	3.044	0.021917597
<b>DOLOMÍA SAN VICENTE</b>	3.073	3.247	3.001	0.053504809
<b>VOLCÁNICO</b>	3.159	3.372	2.860	0.214891331

Fuente: "Elaboración propia"

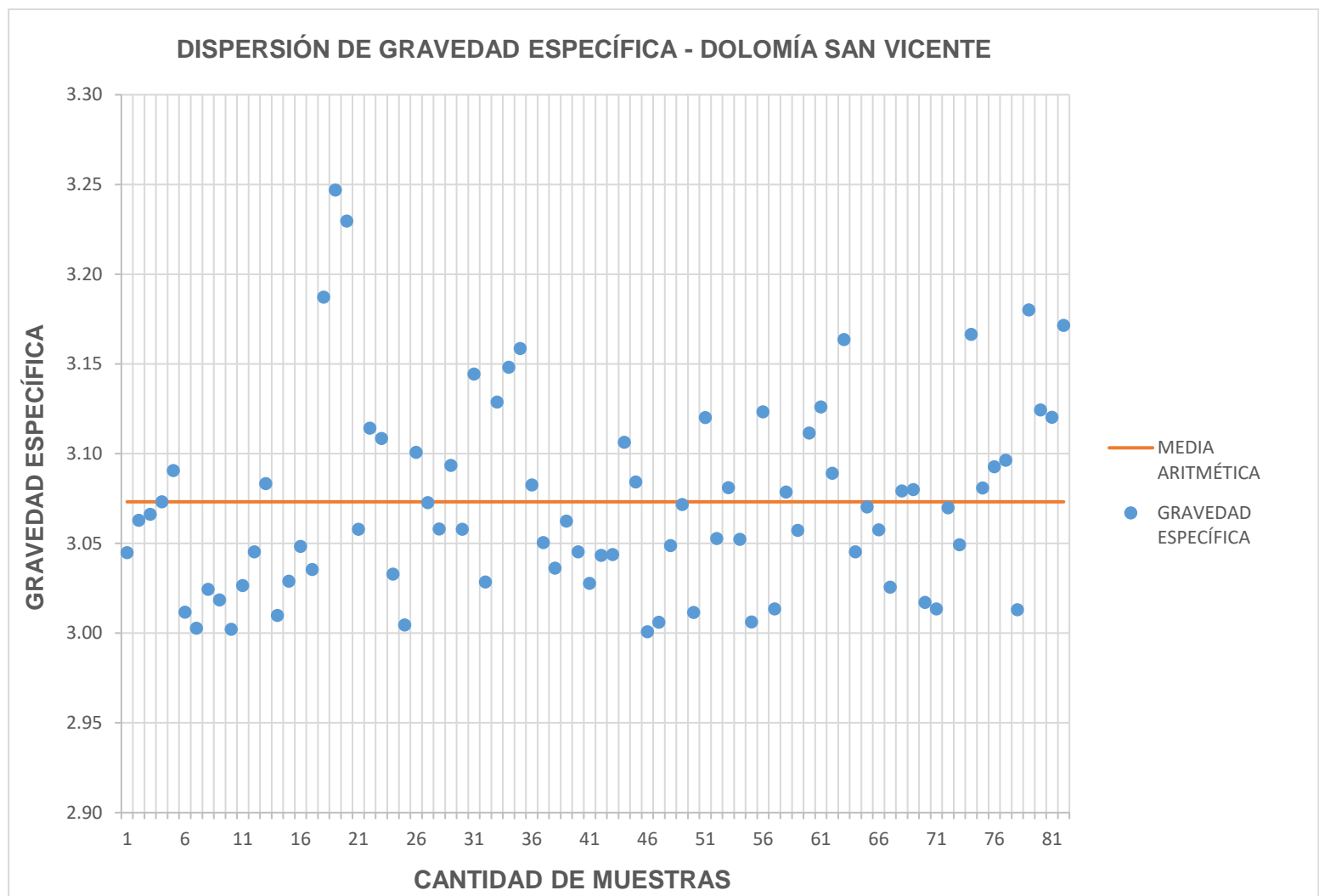
**A. Caliza Negra Uncush**



**Figura 6,1** Dispersión de los valores de gravedad específica - Caliza Negra Uncush.

Fuente: "Elaboración propia"

**B. Dolomía San Vicente**



**Figura 6,2** Dispersión de los valores de gravedad específica - Dolomía San Vicente.

Fuente: "Elaboración propia"



C. Dolomía Alfonso

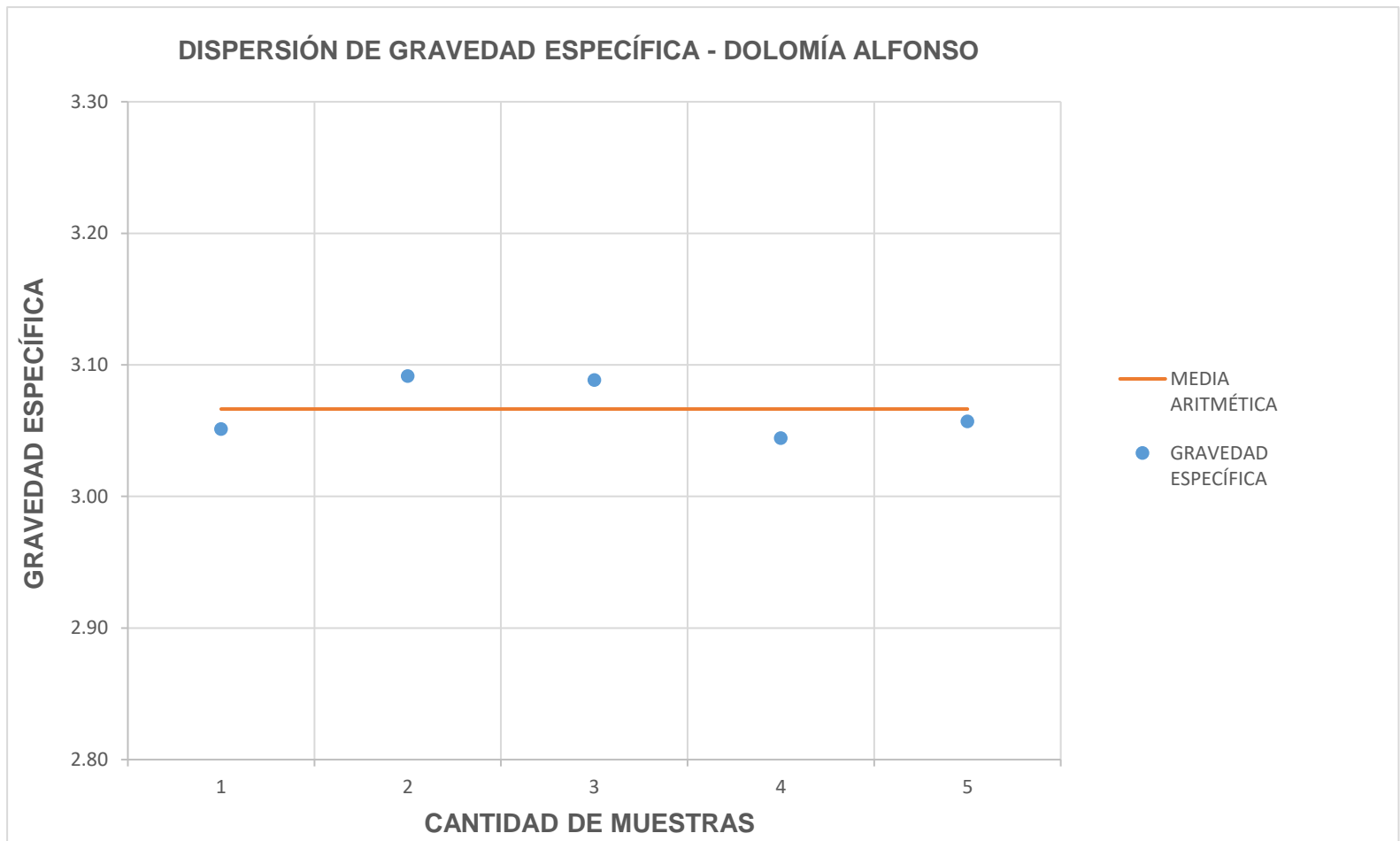


Figura 6,3 Dispersión de los valores de gravedad específica - Dolomía Alfonso.

Fuente: "Elaboración propia"

D. Volcánico

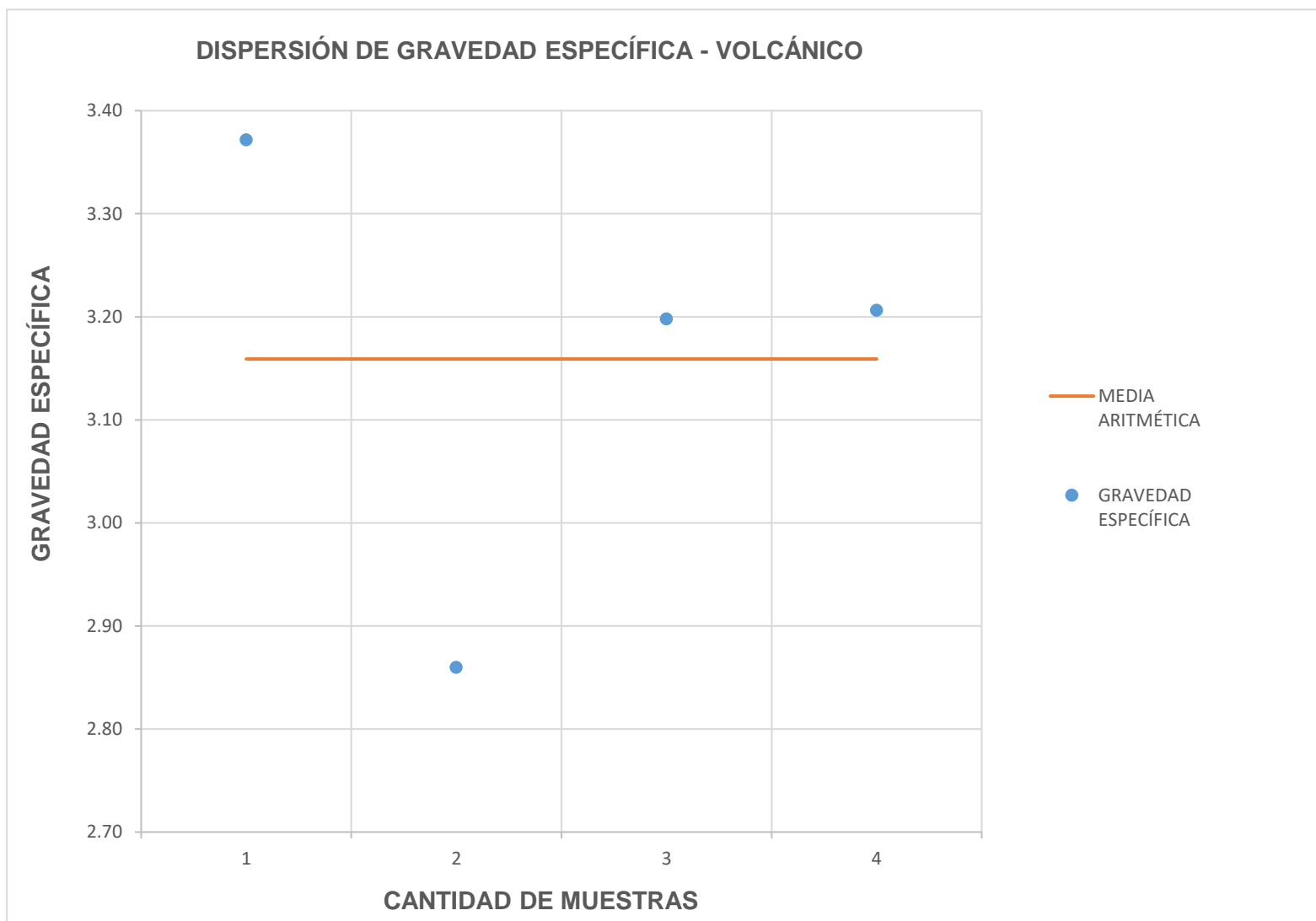


Figura 6,4 Dispersión de los valores de gravedad específica - Volcánico.

Fuente: "Elaboración propia"

### 6.2.1.2 Texturas

Los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera, se filtraron los datos correspondientes a las diferentes texturas presentes en la mina San Vicente, obteniendo los siguientes resultados en lo que se destaca: (Tabla 6,2).

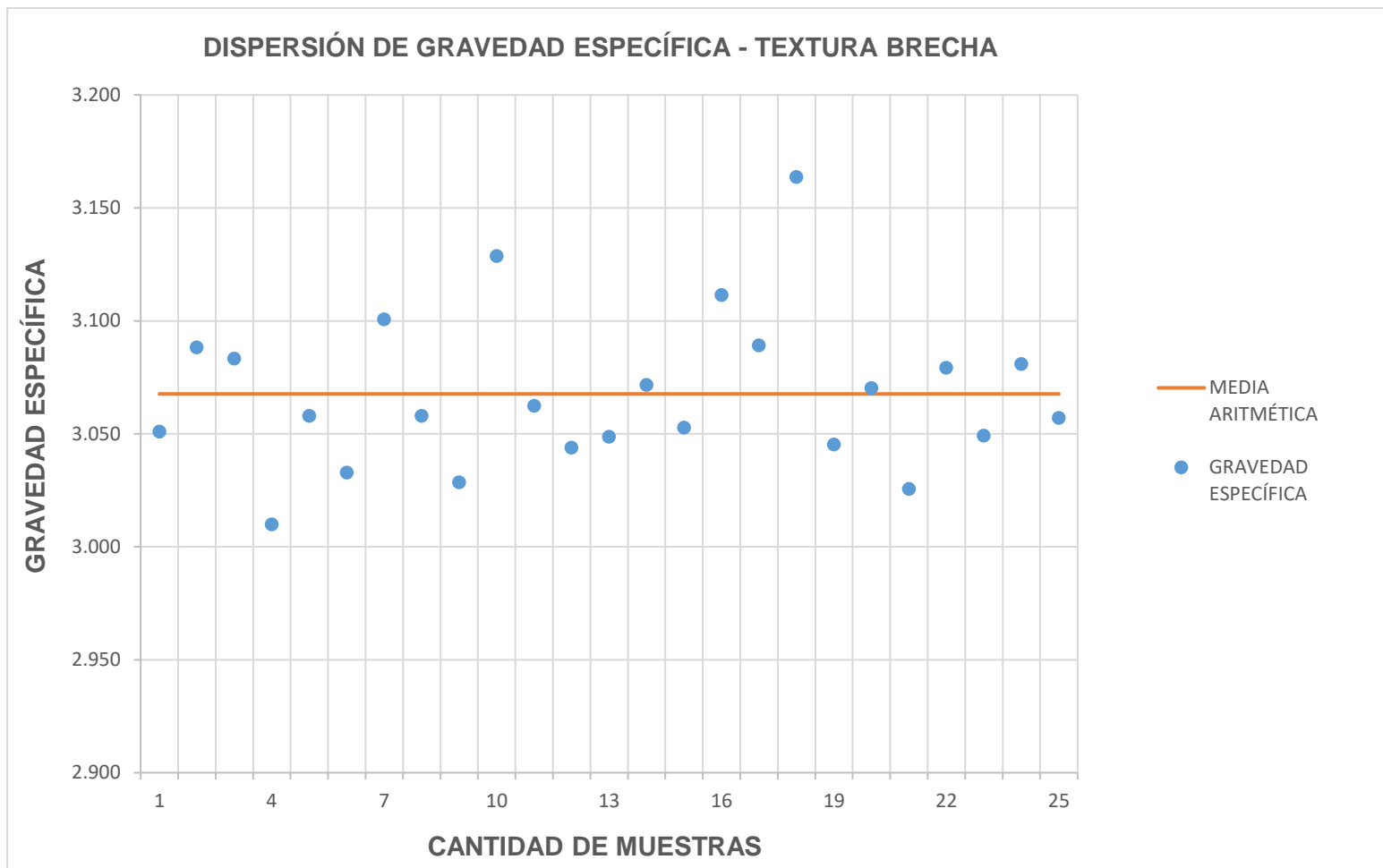
- Los valores de gravedad específica de las diferentes texturas identificadas en la mina San Vicente son muy cercanos salvo en el caso de comparar una dolomía con una caliza donde se presenta cierta variación debido a la mineralogía de la muestra, siendo la textura con mayor gravedad específica según la tabla 6.2, es la Brecha Ooide (BxO) que se presenta en las dolomías.
- La textura con el valor de gravedad específica más alto es la Mineral Matrix Brecha (MMBx) debido a la fuerte presencia de fluido compuesto de dolomita que se presenta en las dolomías.
- La textura con la desviación estándar más baja es la Pseudobrecha (PseBx), por lo que sus valores de gravedad específica poseen una mayor homogeneidad con respecto a las otras texturas.
- Los gráficos de dispersión muestran que los valores de gravedad específica de una muestra de la mina San Vicente con una textura particular tiene poca variación con respecto a su gravedad específica promedio, en algunos casos presentan un incremento en la variación debido a la mineralogía del fluido que se presenta en la muestra. Figura 6,5; Figura 6,6; Figura 6,7; Figura 6,8; Figura 6,9; Figura 6,10; Figura 6,11 y Figura 6,12.

**Tabla 6,2 Cálculo estadístico de la gravedad específica por texturas.**

<b>TEXTURA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>
<b>BRECHA</b>	3.068	3.164	3.010	0.034072927
<b>BRECHA OOIDE</b>	3.121	3.230	3.012	0.089683345
<b>BRECHA TECTÓNICA</b>	3.120	3.166	3.073	0.066233971
<b>CEBRA INCIPIENTE</b>	3.070	3.180	3.003	0.059979847
<b>CRACKER BRECHA</b>	3.035	3.159	2.801	0.105054298
<b>LAMINAR</b>	2.890	2.994	2.769	0.048282814
<b>MASIVA</b>	2.909	3.106	2.522	0.100739429
<b>MINERAL MATRIX BRECHA</b>	3.099	3.247	3.006	0.075412249
<b>OOIDE</b>	3.069	3.144	3.006	0.045371166
<b>PSEUDOBRECHA</b>	3.042	3.073	3.012	0.027637558

Fuente: "Elaboración propia"

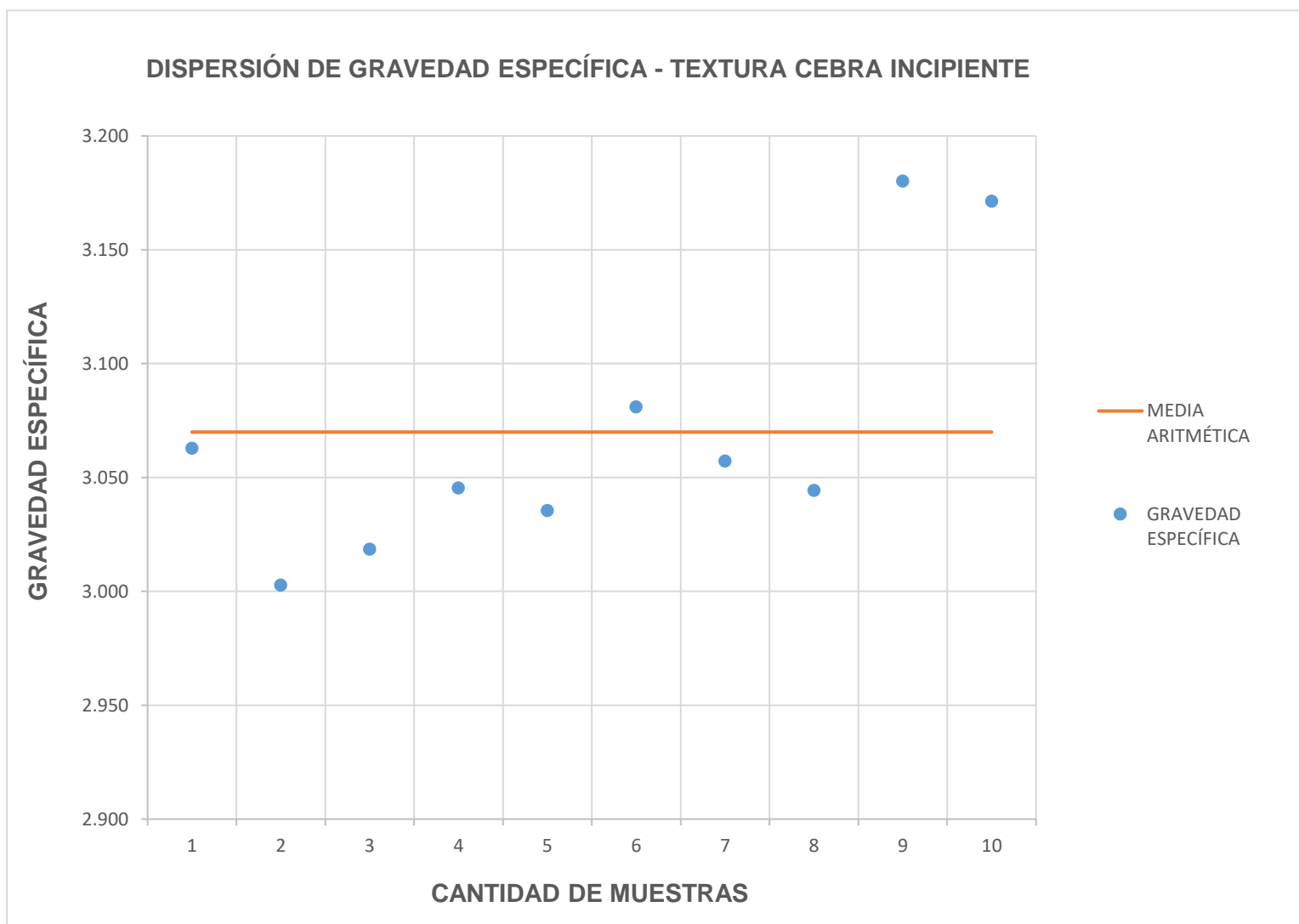
**A. Textura Brecha (Bx)**



**Figura 6,5** Dispersion de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Brecha.

Fuente: "Elaboración propia"

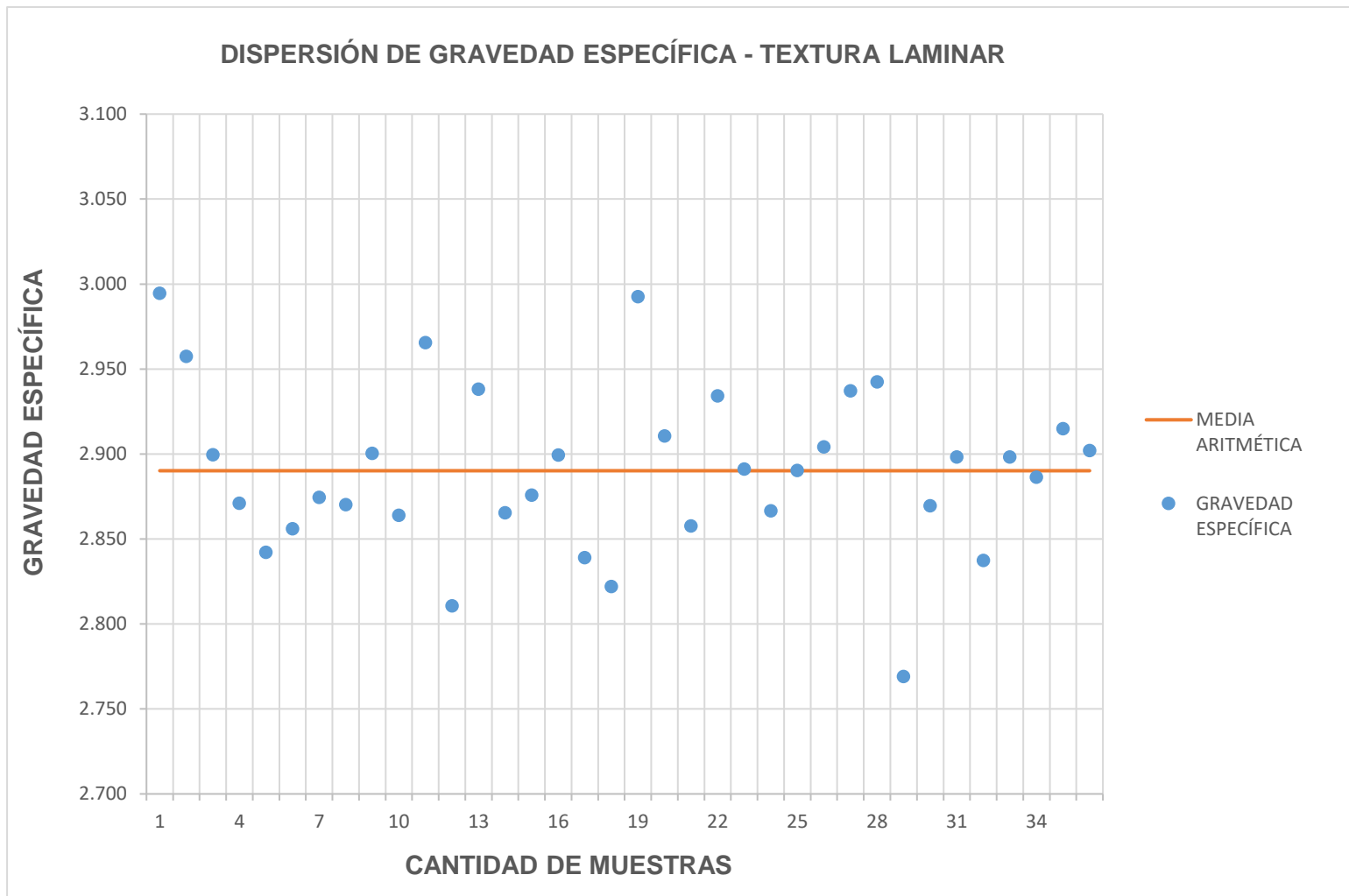
**B. Textura Cebra Incipiente (Cblcp)**



**Figura 6,6** Dispersion de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Cebra Incipiente.

Fuente: "Elaboración propia"

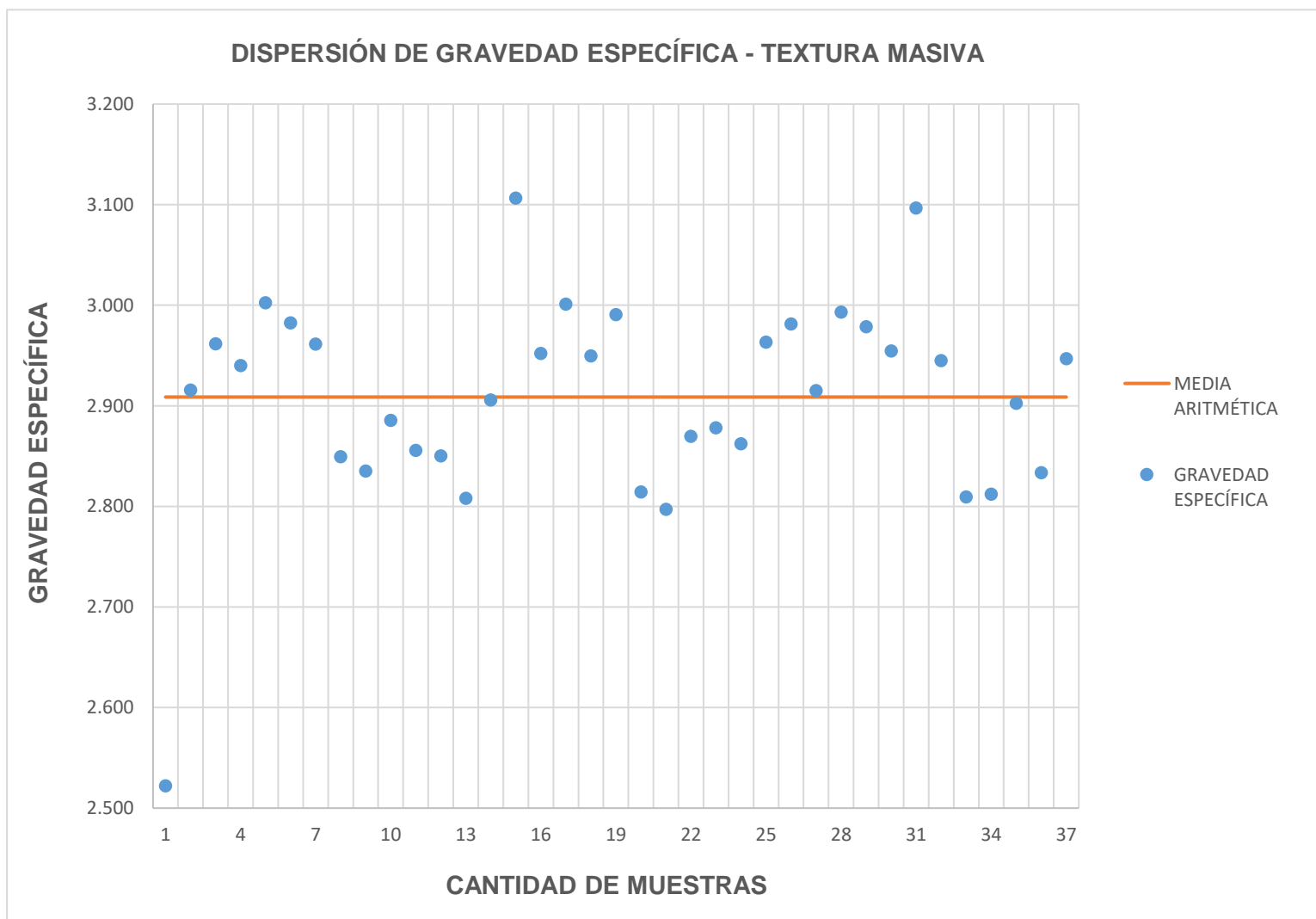
**C. Textura Laminar**



**Figura 6,7** Dispersion de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Laminar.

Fuente: "Elaboración propia"

**D. Textura Masiva**



**Figura 6,8** Dispersion de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Masiva.

Fuente: "Elaboración propia"

E. Textura Cracker Brecha (CrBx)

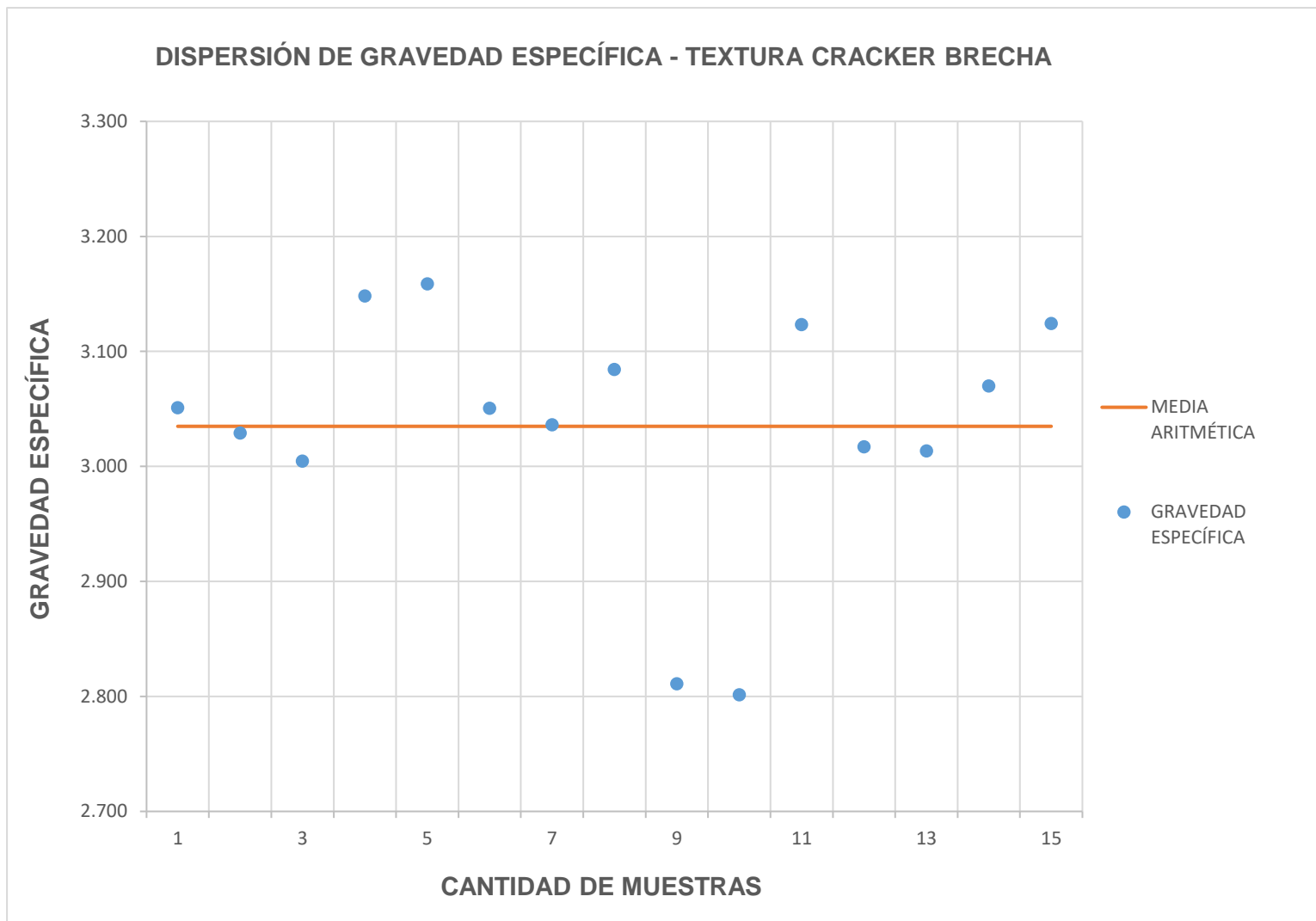


Figura 6,9 Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Cracker Brecha.

Fuente: "Elaboración propia"

F. Textura Ooide (O)

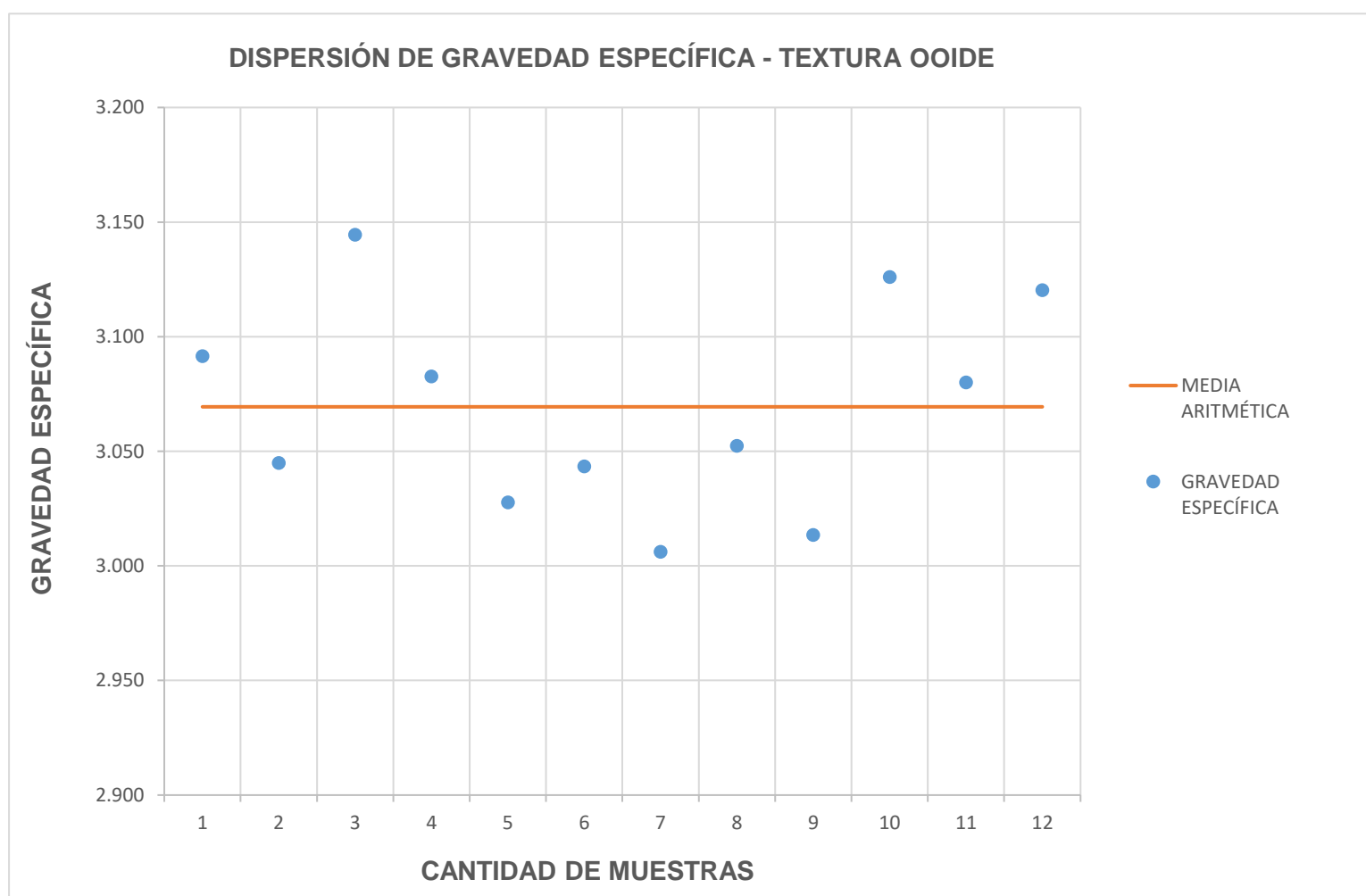


Figura 6,10 Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Ooide.

Fuente: "Elaboración propia"

### G. Textura Mineral Matrix Brecha (MMBx)

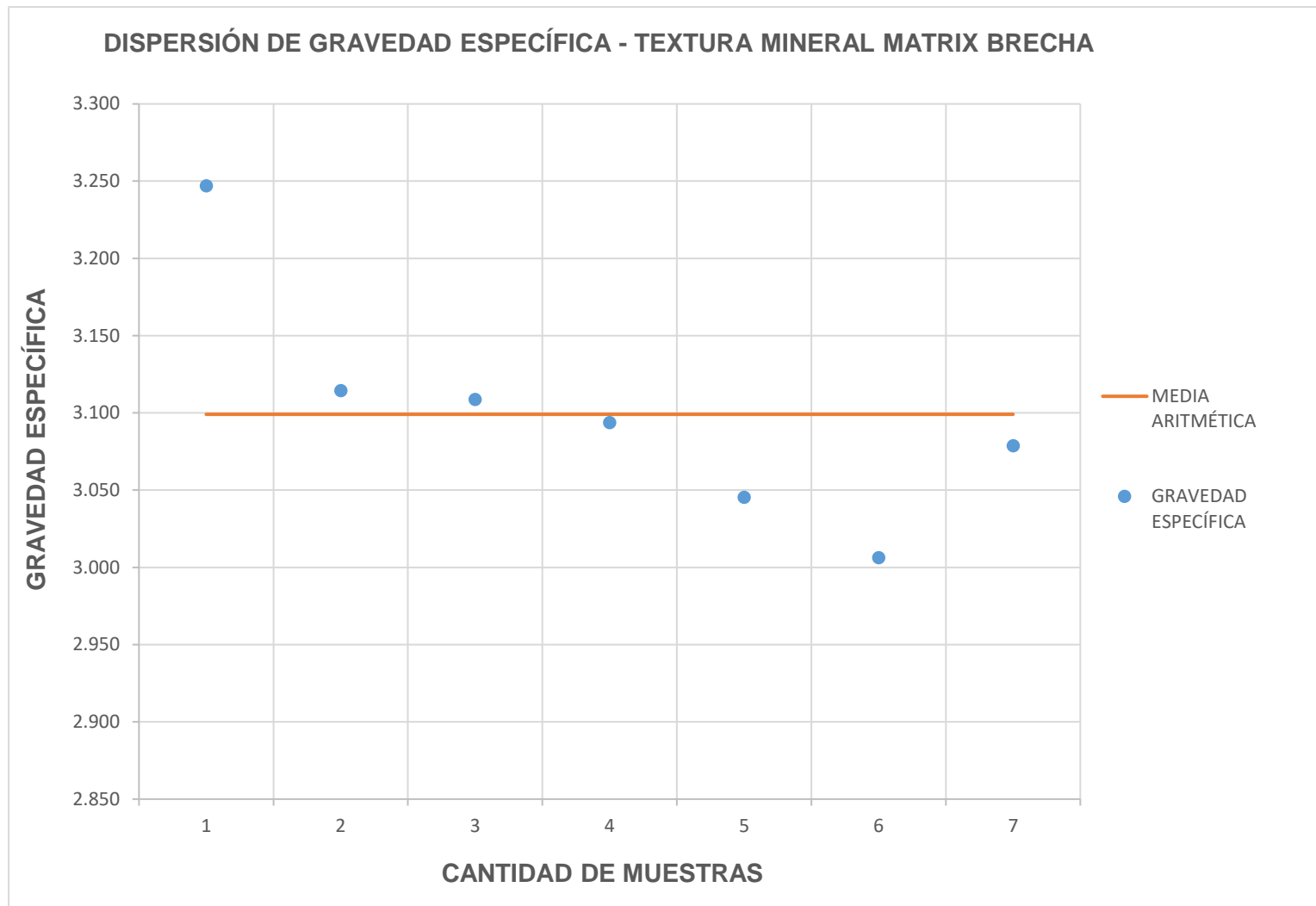


Figura 6,11 Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Mineral Matrix Breccia.

Fuente: "Elaboración propia"

### H. Textura Pseudobrecha (PsBx)

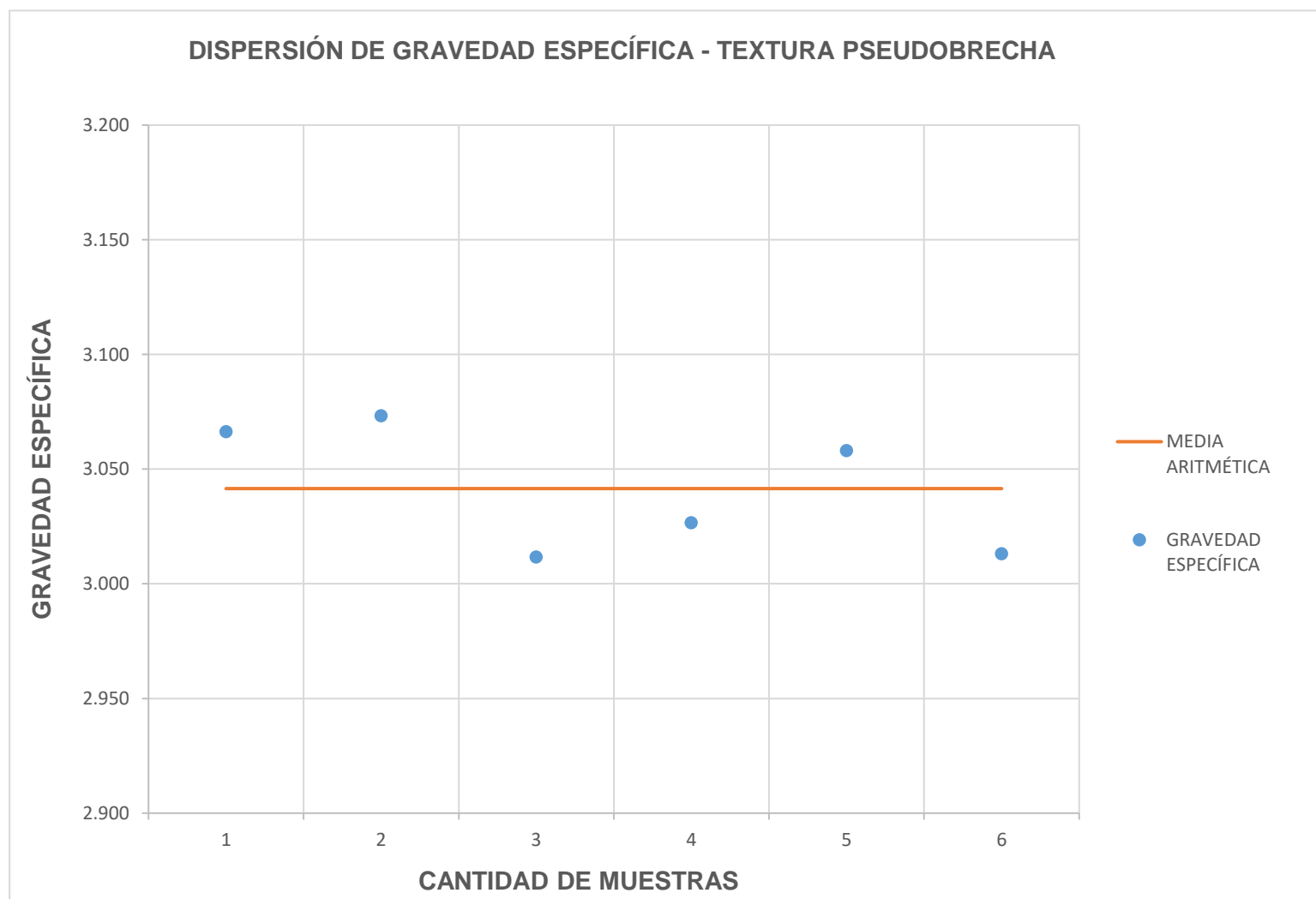


Figura 6,12 Dispersión de los valores de gravedad específica - Textura Tipo Pseudobrecha.

Fuente: "Elaboración propia"



### 6.2.1.3 Zona Mineralizada

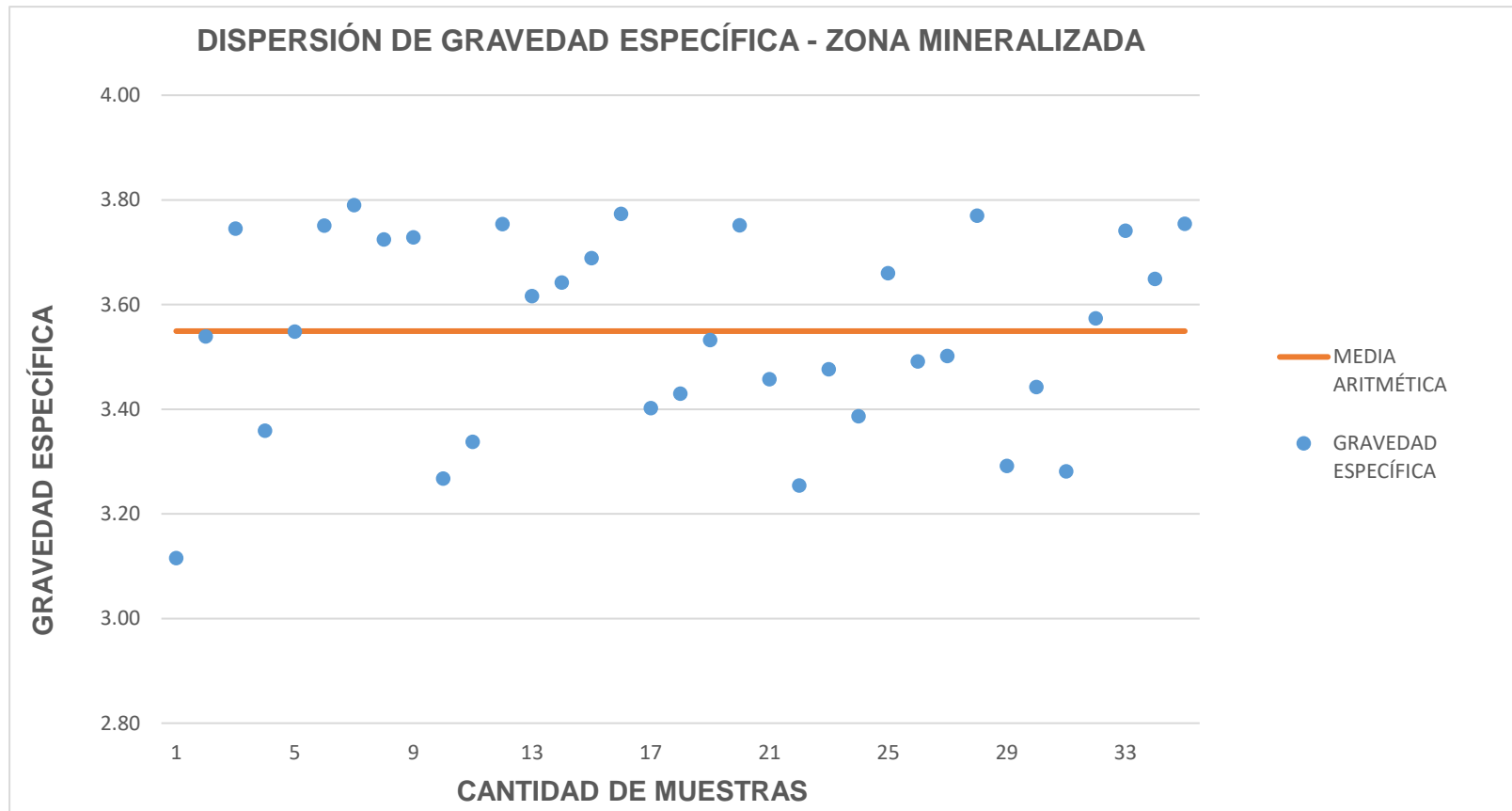
Para analizar los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera con respecto a las muestras con leyes de zinc, se procedió a filtrar los resultados de gravedad específica de los sondeos que presenten contenido de zinc (%), de este modo se puede interpolar los valores de gravedad específica y los de concentración de Zn de los que destacamos lo siguiente: (Tabla 6,3).

- Los diferentes valores de la gravedad específica nos muestran una relación directamente proporcional con el aumento de la ley de Zinc, de este modo se infiere que, al poseer una mayor concentración de Zinc, su gravedad específica es mayor al que una muestra con menor concentración.
- Se puede dar que una muestra con un valor máximo alto pertenezca a un rango con menor ley de Zinc (%), lo que nos indica que hay presencia de otros metales además del zinc en esa muestra como el plomo (Pb) y el hierro (Fe) que se encuentran asociados a la mineralización de un yacimiento MVT como la mina San Vicente.
- El gráfico de dispersión muestra que los valores de gravedad específica de una muestra mineralizada de la mina San Vicente tiene cierta variación con respecto a su gravedad específica promedio, en algunos casos se incrementa por la asociación con minerales metálicos más densos como la galena o pirita además de presentar fluido compuesto de dolomita en la muestra. Figura 6,13.

**Tabla 6,3 Cálculo estadístico de la gravedad específica por concentración de Zinc.**

<b>Zn (%)</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MÍNIMO</b>
<b>0 – 2.5%</b>	3.269	3.387	3.115
<b>2.5 – 5%</b>	3.441	3.660	3.254
<b>5 – 10%</b>	3.440	3.501	3.359
<b>10 – 15%</b>	3.532	3.532	3.532
<b>15 – 25%</b>	3.647	3.751	3.539
<b>&gt; 25%</b>	3.736	3.790	3.574

**Fuente: “Elaboración propia”**



**Figura 6,13** Dispersión de los valores de gravedad específica – Zona mineralizada.

Fuente: "Elaboración propia"

### **6.2.2 Comparación de los valores de gravedad específica por el método teórico y el método de inmersión en cera.**

En base a todos los valores de gravedad específica obtenidos de los sondajes que cortan la zona mineralizada del Tajo 8660, se realizó un análisis comparativo entre los valores de gravedad específica calculados por el método teórico que relaciona la ecuación lineal entre peso específico y ley de zinc con los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera aplicado en la presente investigación.

En los resultados presentados por el método de inmersión en cera los valores son mayores a los obtenidos por el método teórico, principalmente cuando la muestra ensayada presenta mineralización, eso se refleja cuando se realiza la estimación de recursos minerales y se subestima el tonelaje extraído de mina, para muestras estériles se nota la misma tendencia por el método de inmersión en cera con respecto al método teórico, siendo los valores más próximos entre sí. Se compara el valor promedio de la gravedad específica obtenida por el método teórico con el valor promedio de gravedad específica obtenido por el método de inmersión en cera por litología presente en la mina San Vicente. Tabla 6,4.

- La roca caliza tiene mayor gravedad específica por el método de inmersión en cera con respecto al método teórico, los valores son cercanos debido a la textura que presenta la roca que puede ser masiva o laminar lo cual genera un alto grado de compactación.
- La roca dolomía presenta una mayor gravedad específica por el método de inmersión en cera con respecto al método teórico, los valores difieren poco debido a la variedad de texturas y fluidos que puede presentar la roca.

- La roca mineralizada presenta una mayor gravedad específica por el método de inmersión en cera con respecto al método teórico, la diferencia entre los valores es mayor por la concentración presente en la muestra la cual es pesada al realizar el ensayo.

Los valores de gravedad específica obtenidos por el método teórico con los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera de la zona mineralizada interceptada en el Tajo 8660 mediante 8 sondajes han servido para generar los 14 sólidos utilizados en la estimación de recursos minerales (TM). Tabla 6,5.

- Los sólidos SV\_IIIS\_05\_13 y SV\_IIIS\_05\_18 presentan los mayores valores de gravedad específica siendo igual a 3.448.
- Los sólidos SV\_IIIS\_05\_04 y SV\_IIIS\_05\_15 presentan los menores valores de gravedad específica siendo igual a 3.164.

**Tabla 6,4 Comparación de los valores de gravedad específica por el método teórico y el método de inmersión en cera.**

<b>LITOLOGÍA</b>	<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA POR MÉTODO TEÓRICO</b>	<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA POR MÉTODO DE INMERSIÓN EN CERA</b>
<b>CALIZA</b>	2.888	2.895
<b>DOLOMÍA</b>	2.984	3.073
<b>DOLOMÍA MINERALIZADA</b>	3.125	3.569

Fuente: "Elaboración propia"

**Tabla 6,5 Sólidos del modelo de bloques con los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.**

SÓLIDO	SUBZONA	MANTO	TAJO	SONDAJE	GRAVEDAD ESPECÍFICA (PROMEDIO)
SV_IIIS_05_01	P5_01	IIIS_10	TJ_8660	4839 – 4842	3.359
SV_IIIS_05_03	P5_03	IIIS_10	TJ_8660	4842	3.362
SV_IIIS_05_04	P5_04	IIIS_10	TJ_8660	4862	3.164
SV_IIIS_05_05	P5_05	IIIS_10	TJ_8660	4884	3.366
SV_IIIS_05_09	P5_09	IIIS_10	TJ_8660	4884	3.366
SV_IIIS_05_10	P5_10	IIIS_10	TJ_8660	4884	3.366
SV_IIIS_05_11	P5_11	IIIS_10	TJ_8660	4865 - 4877	3.324
SV_IIIS_05_12	P5_12	IIIS_10	TJ_8660	4865	3.336
SV_IIIS_05_13	P5_13	IIIS_10	TJ_8660	4854	3.448
SV_IIIS_05_14	P5_14	IIIS_10	TJ_8660	4877	3.311
SV_IIIS_05_15	P5_15	IIIS_10	TJ_8660	4862	3.164
SV_IIIS_05_16	P5_16	IIIS_10	TJ_8660	4875	3.210
SV_IIIS_05_17	P5_17	IIIS_10	TJ_8660	4875	3.210
SV_IIIS_05_18	P5_18	IIIS_10	TJ_8660	4884	3.448

Fuente: “Elaboración propia”

Se presentan los resultados de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera de los 8 sondajes: DDH-4839, DDH-4842, DDH-4854, DDH-4862, DDH-4865, DDH-4875, DDH-4877 y DDH-4884 con intercepto de mineral perforados en la zona de Ayala Inferior en el Tajo 8660, con su respectiva descripción de la muestra, podemos notar en todos los casos que la gravedad específica obtenida por el método de inmersión en cera es mayor al calculado por el método teórico. Tabla 6,6.

- Los sondajes DDH-4854 y DDH-4884 que presentan mineralización tienen los mayores valores de gravedad específica siendo igual a 3.790 y 3.770 respectivamente y guardan relación con las leyes de Zn de cada tramo descrito.
- Los sondajes DDH-4875 y DDH-4862 que presentan mineralización tienen los menores valores de gravedad específica siendo igual a 3.254 y 3.267 respectivamente.

Tabla 6,6 Comparación entre los valores de gravedad específica por método teórico y método de inmersión en cera de los sondajes con intercepto de mineral del Tajo 8660.

SONDAJE	FROM	TO	DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	GRAVEDAD ESPECÍFICA POR MÉTODO TEÓRICO	GRAVEDAD ESPECÍFICA POR MÉTODO DE INMERSIÓN EN CERA
DDH-4839	173.50	173.65	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio con parches de Sph M, G = 24.59% Zn.	3.295	3.539
DDH-4839	176.02	176.17	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio. Masivo de Sph G = 20.40% Zn/Gln = 8.14% Pb.	3.388	3.745
DDH-4842	166.40	166.55	Dolomía de Txt. MMBx y grano grueso con parches y Vnlls de Sph G= 9.10% Zn.	2.923	3.359
DDH-4842	169.80	169.95	Dolomía de Txt. CrBx y grano medio a grueso con parches de Sph M= 21.96% Zn.	3.233	3.548
DDH-4842	173.90	174.05	Dolomía de Txt. MMBx y grano grueso con parches de Sph G= 24.30% Zn.	3.383	3.751
DDH-4854	170.50	170.65	Dolomía de Txt. Bx y grano grueso con parches de Sph M = 32.11% Zn y Gln = 4.87% Pb.	3.591	3.790
DDH-4854	173.60	173.75	Dolomía de Txt. Cb y grano grueso. Masiva de Sph M y Vnlls de Sph Am = 32.85% Zn y Gln = 1.71% Pb.	3.532	3.724
DDH-4862	174.95	175.10	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio a grueso con bandas de Sph M = 36.49% Zn y Gln = 11.47% Pb.	3.854	3.728
DDH-4862	185.15	185.30	Dolomía de Txt. MMBx y grano grueso con Venlls y parches de Sph G = 2.79% Zn.	2.775	3.267
DDH-4865	175.80	175.95	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio a grueso con parches de Sph G = 3.82% Zn.	2.796	3.338
DDH-4865	180.30	180.45	Dolomía de Txt. Cb y grano medio. Masivo de Sph G = 34.75% Zn.	3.557	3.754
DDH-4865	182.60	182.75	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio con parche de Sph G = 23.82% Zn.	3.276	3.616
DDH-4875	166.50	166.65	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio a grueso con venas y parches de Sph G, Sph Rubia = 8.98% Zn.	2.704	3.457
DDH-4875	172.64	172.79	Dolomía de Txt. Cblcp y grano medio a grueso con Vnlls de Sph G = 3.33% Zn.	2.784	3.254
DDH-4877	162.60	162.75	Dolomía de Txt. MMBx y grano grueso con parches y venas de Sph G = 2.65% Zn.	2.769	3.477
DDH-4877	168.40	168.55	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio a grueso con parches y vnlls de Sph M = 1.66% Zn.	2.744	3.387
DDH-4877	176.60	176.75	Dolomía de Txt. MMBx y granp medio a grueso con parches de Sph M = 3.66 % Zn.	2.792	3.660
DDH-4884	170.60	170.75	Dolomía de Txt. MMBx y grano medio a grueso con parches gruesos de Sph M = 7.25% Zn.	2.878	3.491
DDH-4884	176.25	176.40	Dolomía de Txt. Cb y grano medio con parches y venas de Sph G, Sph M = 7.93% Zn.	2.894	3.501
DDH-4884	181.65	181.80	Dolomía de Txt. Cb y grano medio con parches masivos de Sph G y vnlls Sph Am = 27.66% Zn.	3.368	3.770

Fuente: "Elaboración propia"



### **6.2.3 Comparación de la estimación de recursos minerales con los valores de gravedad específica calculados por el método teórico y por el método de inmersión en cera.**

En la estimación de recursos minerales del Tajo 8660 se tiene en cuenta que la mina San Vicente se encuentra dividida actualmente en 5 sectores, en la presente investigación el área de estudio corresponde al sector 1 denominado Ayala Inferior a donde corresponde el Tajo 8660 que está compuesto de 14 sólidos, los cuales están conformados por 8 sondajes con intercepto de mineral.

Se comparó el tonelaje calculado de la estimación de recursos minerales mediante los valores de gravedad específica obtenidos por el método teórico para cada uno de los sólidos ubicados en la zona de Ayala Inferior específicamente en el Tajo 8660 y el tonelaje calculado de la estimación de recursos minerales mediante los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera, para luego hacer un análisis comparativo de ambos resultados. Tabla 6,7 y Tabla 6,9.

- El sólido SV\_IIS\_05\_01 presenta la mayor cantidad de tonelaje (TM) estimado en el Tajo 8660 siendo igual a 13 428 TM.
- El sólido SV\_IIS\_05\_17 presenta la menor cantidad de tonelaje (TM) estimado en el Tajo 8660 siendo igual a 184 TM.

Tabla 6,7 Estimación de recursos minerales del Tajo 8660 (TM) con los valores de gravedad específica por el método teórico.

ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES CON DATA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA POR EL MÉTODO TEÓRICO						
SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_01	MEDIDO	7 940	6.22	13.10	0.25	3.02
	INDICADO	5 397	6.44	15.11	0.24	3.07
	INFERIDO	92	3.63	12.90	0.08	3.01
<b>Total P5_01</b>		<b>13 428</b>	<b>6.29</b>	<b>13.90</b>	<b>0.25</b>	<b>3.04</b>
P5_03	MEDIDO	2 582	3.68	8.33	0.07	2.90
	INDICADO	14	1.20	8.71	0.08	2.91
<b>Total P5_03</b>		<b>2 596</b>	<b>3.67</b>	<b>8.33</b>	<b>0.07</b>	<b>2.90</b>
P5_04	INFERIDO	2 242	1.83	14.63	1.68	3.09
<b>Total P5_04</b>		<b>2 242</b>	<b>1.83</b>	<b>14.63</b>	<b>1.68</b>	<b>3.09</b>
P5_05	INFERIDO	903	1.22	5.20	0.02	2.83
<b>Total P5_05</b>		<b>903</b>	<b>1.22</b>	<b>5.20</b>	<b>0.02</b>	<b>2.83</b>
P5_09	INFERIDO	2 292	3.28	3.03	0.03	2.78
<b>Total P5_09</b>		<b>2 292</b>	<b>3.28</b>	<b>3.03</b>	<b>0.03</b>	<b>2.78</b>
P5_10	INFERIDO	1 855	2.59	3.69	0.02	2.79
<b>Total P5_10</b>		<b>1 855</b>	<b>2.59</b>	<b>3.69</b>	<b>0.02</b>	<b>2.79</b>
P5_11	MEDIDO	509	2.32	6.73	0.28	2.87
	INDICADO	4 093	2.57	5.65	0.22	2.84
	INFERIDO	324	2.32	3.55	0.11	2.79
<b>Total P5_11</b>		<b>4 926</b>	<b>2.53</b>	<b>5.62</b>	<b>0.22</b>	<b>2.84</b>
P5_12	INFERIDO	1 306	2.15	1.21	0.03	2.73
<b>Total P5_12</b>		<b>1 306</b>	<b>2.15</b>	<b>1.21</b>	<b>0.03</b>	<b>2.73</b>
P5_13	MEDIDO	400	3.32	22.38	0.25	3.25
	INDICADO	47	1.73	23.18	0.19	3.26
<b>Total P5_13</b>		<b>447</b>	<b>3.15</b>	<b>22.47</b>	<b>0.25</b>	<b>3.25</b>
P5_14	INFERIDO	2 298	2.69	2.02	0.06	2.75
<b>Total P5_14</b>		<b>2 298</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>0.06</b>	<b>2.75</b>
P5_15	INFERIDO	797	2.75	1.36	0.04	2.74
<b>Total P5_15</b>		<b>797</b>	<b>2.75</b>	<b>1.36</b>	<b>0.04</b>	<b>2.74</b>
P5_16	INFERIDO	191	0.61	3.90	0.03	2.80
<b>Total P5_16</b>		<b>191</b>	<b>0.61</b>	<b>3.90</b>	<b>0.03</b>	<b>2.80</b>
P5_17	INFERIDO	184	0.61	0.81	0.01	2.72
<b>Total P5_17</b>		<b>184</b>	<b>0.61</b>	<b>0.81</b>	<b>0.01</b>	<b>2.72</b>
P5_18	MEDIDO	369	3.23	8.04	3.03	2.97
	INDICADO	86	1.81	9.01	1.70	2.96
<b>Total P5_18</b>		<b>455</b>	<b>2.96</b>	<b>8.23</b>	<b>2.78</b>	<b>2.97</b>
<b>Total general</b>		<b>33 920</b>	<b>4.07</b>	<b>9.12</b>	<b>0.30</b>	<b>2.93</b>

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

La estimación de recursos minerales del Tajo 8660 considerando en total recursos medidos, indicados e inferidos de los 14 sólidos es de 33,920 TM, con una ley de 9.12 % Zn, 0.30 % Pb, y una gravedad específica promedio de 2.93, resultado de los valores de gravedad específica obtenidos por el método teórico, como se detalla a continuación: (Tabla 6,8).

**Tabla 6,8 Resumen de la estimación de recursos del Tajo 8660 (TM) con los valores de gravedad específica por el método teórico.**

<b>RECURSOS</b>	<b>TM</b>	<b>POT (m)</b>	<b>% Zn</b>	<b>% Pb</b>	<b>G. E</b>
<b>MEDIDO</b>	11 798	5.30	11.94	0.30	3.00
<b>INDICADO</b>	9 638	4.73	11.07	0.24	2.97
<b>INFERIDO</b>	12 484	2.40	4.95	0.33	2.83
<b>TOTAL GENERAL</b>	33 920	4.07	9.12	0.30	2.93

**Fuente: “Elaboración propia”**

Luego de obtener los resultados de gravedad específica por el método teórico correspondiente a los 8 sondajes que presentan mineralización en el Tajo 8660, se genera una sección geológica en el programa Vulcan con los datos de logeo y los resultados de leyes, luego con los valores de gravedad específica se estima el tonelaje (TM) y finalmente se genera los sólidos considerando las dimensiones de cada bloque que son 3x3x3 con lo cual se define la zona mineralizada, de esa manera se tiene un estimado de la cantidad de tonelaje que se puede extraer del Tajo 8660. Figura 6,14; Figura 6,15; Figura 6,16 y Figura 6,17.

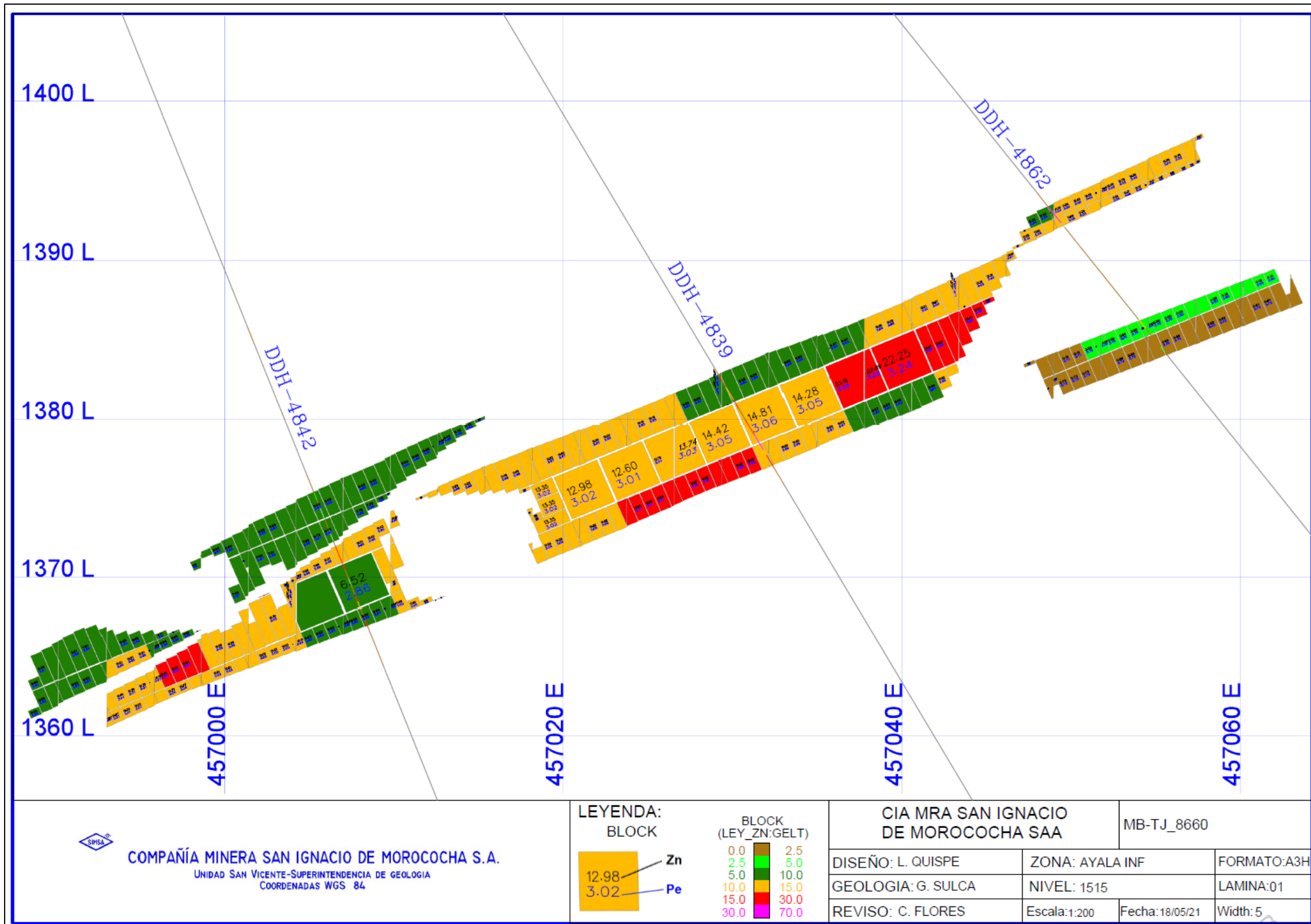


Figura 6,14 Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4862 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

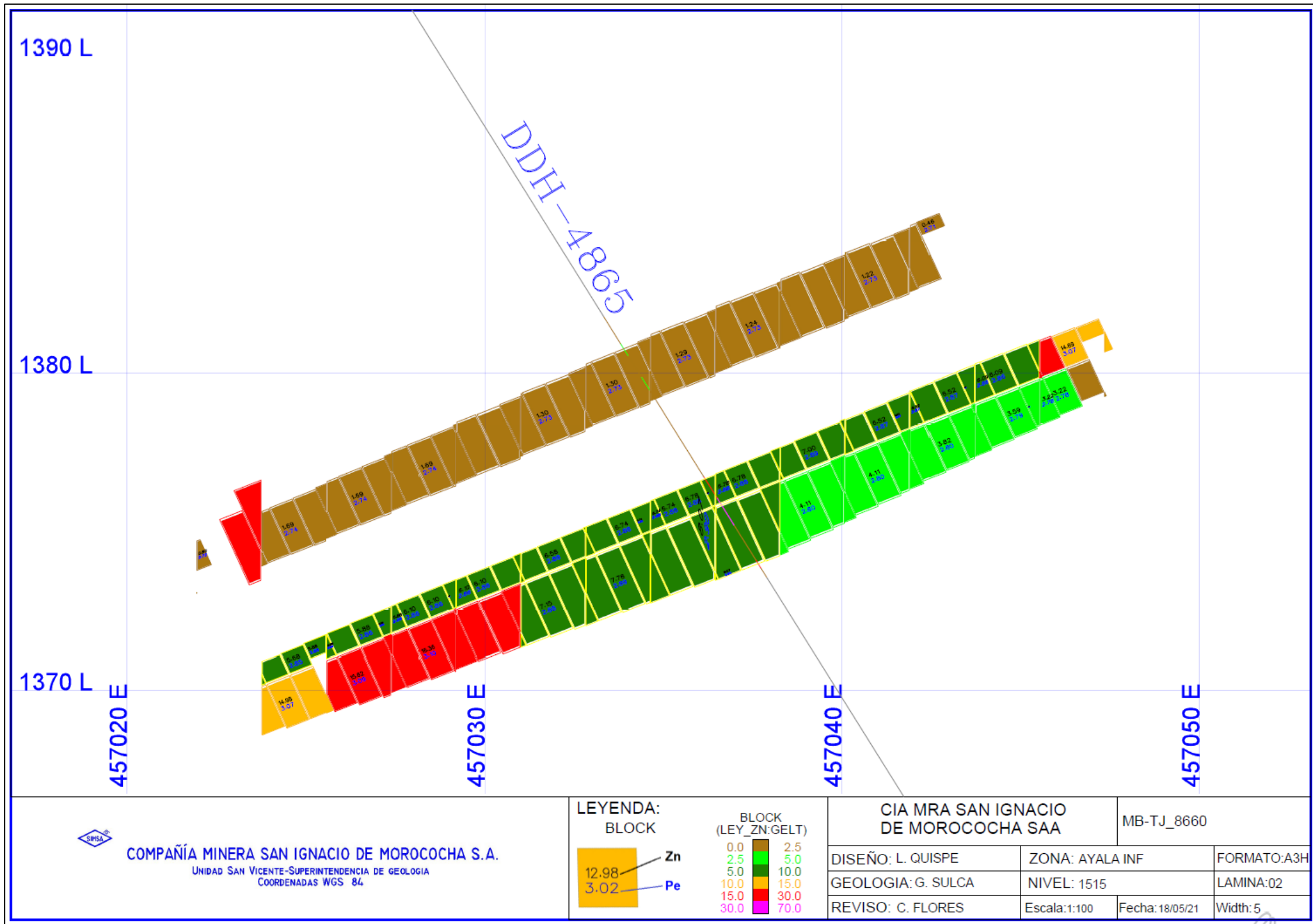


Figura 6,15 Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4865 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

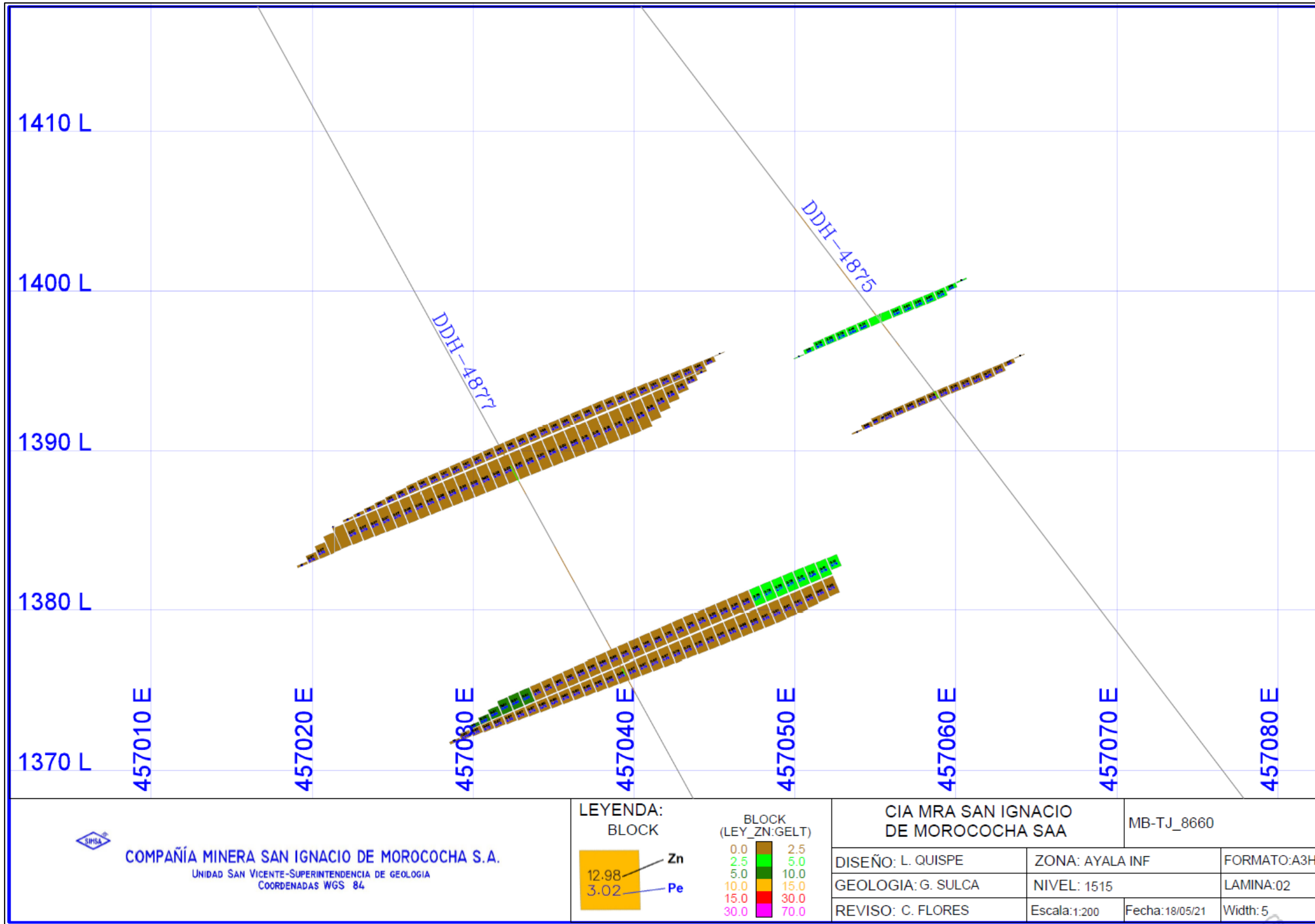


Figura 6,16 Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4875, DDH-4877 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

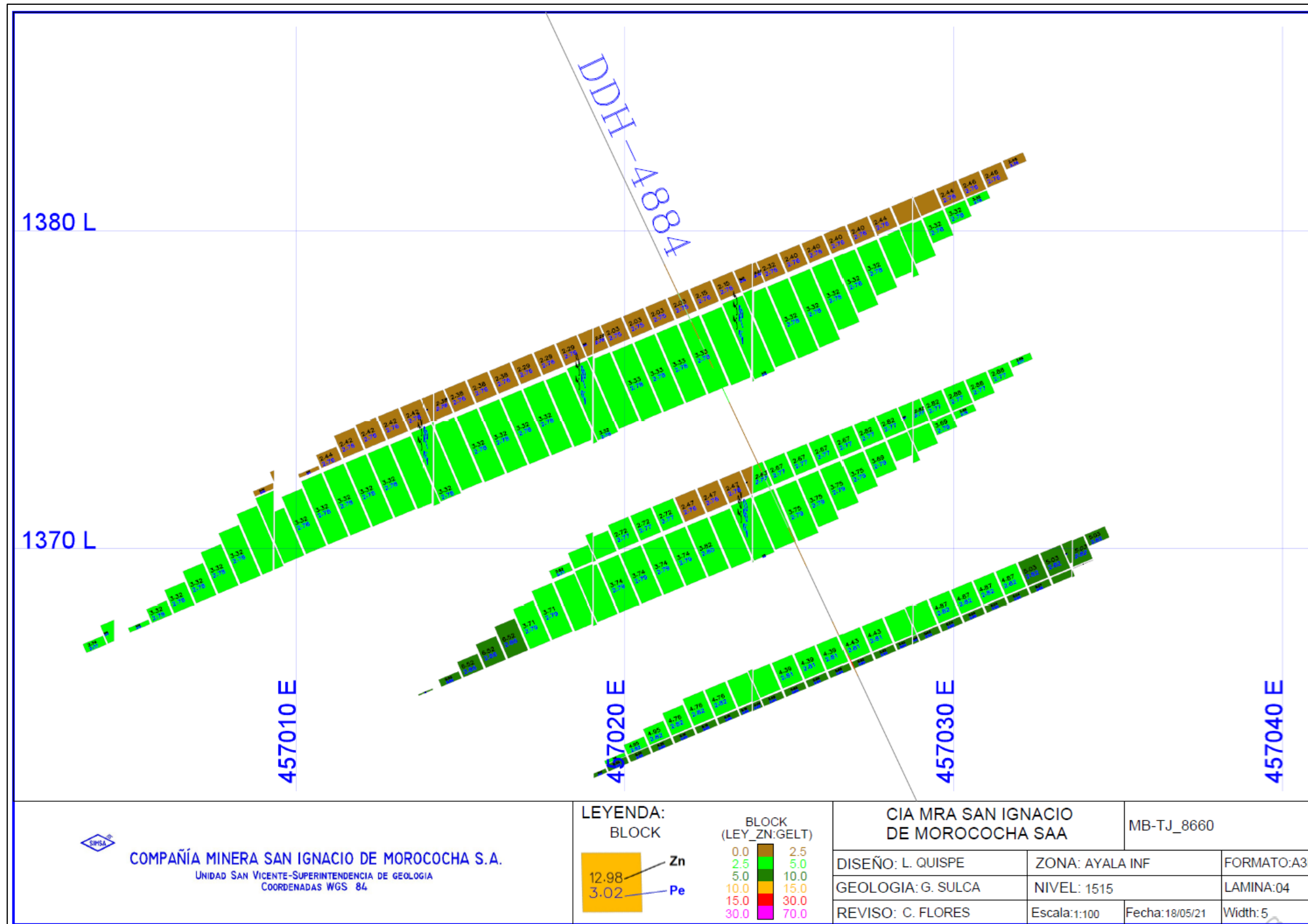


Figura 6,17 Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4884 con sus valores de gravedad específica por el método teórico.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



Tabla 6,9 Estimación de recursos minerales del Tajo 8660 (TM) con los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES CON DATA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA POR EL MÉTODO DE INMERSIÓN EN CERA						
SUBGEOL	RECURSOS	TM	POT (m)	% Zn	% Pb	G. E
P5_01	MEDIDO	8 827	6.22	13.03	0.25	3.36
	INDICADO	5 913	6.44	14.88	0.24	3.36
	INFERIDO	102	3.63	12.90	0.08	3.36
<b>Total P5_01</b>		<b>14 842</b>	<b>6.29</b>	<b>13.77</b>	<b>0.25</b>	<b>3.36</b>
P5_03	MEDIDO	2 989	3.69	8.28	0.07	3.36
	INDICADO	17	1.20	8.71	0.08	3.36
<b>Total P5_03</b>		<b>3 006</b>	<b>3.67</b>	<b>8.28</b>	<b>0.07</b>	<b>3.36</b>
P5_04	INFERIDO	2 297	1.83	14.43	1.63	3.16
<b>Total P5_04</b>		<b>2 297</b>	<b>1.83</b>	<b>14.43</b>	<b>1.63</b>	<b>3.16</b>
P5_05	INFERIDO	1 074	1.22	5.19	0.02	3.37
<b>Total P5_05</b>		<b>1 074</b>	<b>1.22</b>	<b>5.19</b>	<b>0.02</b>	<b>3.37</b>
P5_09	INFERIDO	2 779	3.28	3.03	0.03	3.37
<b>Total P5_09</b>		<b>2 779</b>	<b>3.28</b>	<b>3.03</b>	<b>0.03</b>	<b>3.37</b>
P5_10	INFERIDO	2 236	2.59	3.69	0.02	3.37
<b>Total P5_10</b>		<b>2 236</b>	<b>2.59</b>	<b>3.69</b>	<b>0.02</b>	<b>3.37</b>
P5_11	MEDIDO	590	2.32	6.45	0.27	3.32
	INDICADO	4 790	2.57	5.49	0.22	3.32
	INFERIDO	387	2.33	3.37	0.10	3.32
<b>Total P5_11</b>		<b>5 767</b>	<b>2.53</b>	<b>5.44</b>	<b>0.21</b>	<b>3.32</b>
P5_12	INFERIDO	1 595	2.15	1.20	0.03	3.34
<b>Total P5_12</b>		<b>1 595</b>	<b>2.15</b>	<b>1.20</b>	<b>0.03</b>	<b>3.34</b>
P5_13	MEDIDO	425	3.33	22.27	0.26	3.45
	INDICADO	50	1.73	23.16	0.19	3.45
<b>Total P5_13</b>		<b>474</b>	<b>3.17</b>	<b>22.36</b>	<b>0.25</b>	<b>3.45</b>
P5_14	INFERIDO	2 764	2.69	2.02	0.06	3.31
<b>Total P5_14</b>		<b>2 764</b>	<b>2.69</b>	<b>2.02</b>	<b>0.06</b>	<b>3.31</b>
P5_15	INFERIDO	922	2.75	1.34	0.04	3.16
<b>Total P5_15</b>		<b>922</b>	<b>2.75</b>	<b>1.34</b>	<b>0.04</b>	<b>3.16</b>
P5_16	INFERIDO	219	0.61	3.90	0.03	3.21
<b>Total P5_16</b>		<b>219</b>	<b>0.61</b>	<b>3.90</b>	<b>0.03</b>	<b>3.21</b>
P5_17	INFERIDO	217	0.61	0.81	0.01	3.21
<b>Total P5_17</b>		<b>217</b>	<b>0.61</b>	<b>0.81</b>	<b>0.01</b>	<b>3.21</b>
P5_18	MEDIDO	428	3.23	8.04	3.03	3.45
	INDICADO	101	1.82	8.87	1.68	3.45
<b>Total P5_18</b>		<b>529</b>	<b>2.96</b>	<b>8.20</b>	<b>2.78</b>	<b>3.45</b>
<b>Total general</b>		<b>38 721</b>	<b>4.03</b>	<b>8.80</b>	<b>0.28</b>	<b>3.34</b>

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



La estimación de recursos minerales del Tajo 8660 considerando en total recursos medidos, indicados e inferidos de los 14 sólidos es de 38,721 TM, con una ley de 8.80 % Zn, 0.28 % Pb, y una gravedad específica promedio de 3.34, resultado de los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera, como se detalla a continuación: Tabla 6,10.

**Tabla 6,10 Resumen de la estimación de recursos del Tajo 8660 (TM) con valores de gravedad específica por método de inmersión en cera.**

<b>RECURSOS</b>	<b>TM</b>	<b>POT (m)</b>	<b>% Zn</b>	<b>% Pb</b>	<b>G. E</b>
<b>MEDIDO</b>	13 259	5.29	11.80	0.30	3.36
<b>INDICADO</b>	10 871	4.66	10.71	0.24	3.34
<b>INFERIDO</b>	14 591	2.42	4.65	0.29	3.30
<b>TOTAL GENERAL</b>	38 721	4.03	8.80	0.28	3.34

**Fuente: “Elaboración propia”**

Los resultados obtenidos de gravedad específica por el método de inmersión en cera correspondiente a los 8 sondajes que presentan mineralización en el Tajo 8660, son utilizados para generar una sección geológica en el programa Vulcan complementada con el logueo y los resultados de leyes, luego se procede a estimar el tonelaje (TM) y se genera los sólidos considerando las dimensiones de 3x3x3 de los bloques con lo cual se define la zona mineralizada, de esa manera se tiene la cantidad de tonelaje que se puede extraer del Tajo 8660 y también sirve para programar nuevos sondajes con la finalidad de ampliar las zonas de explotación. Figura 6,18; Figura 6,19; Figura 6,20 y Figura 6,21.

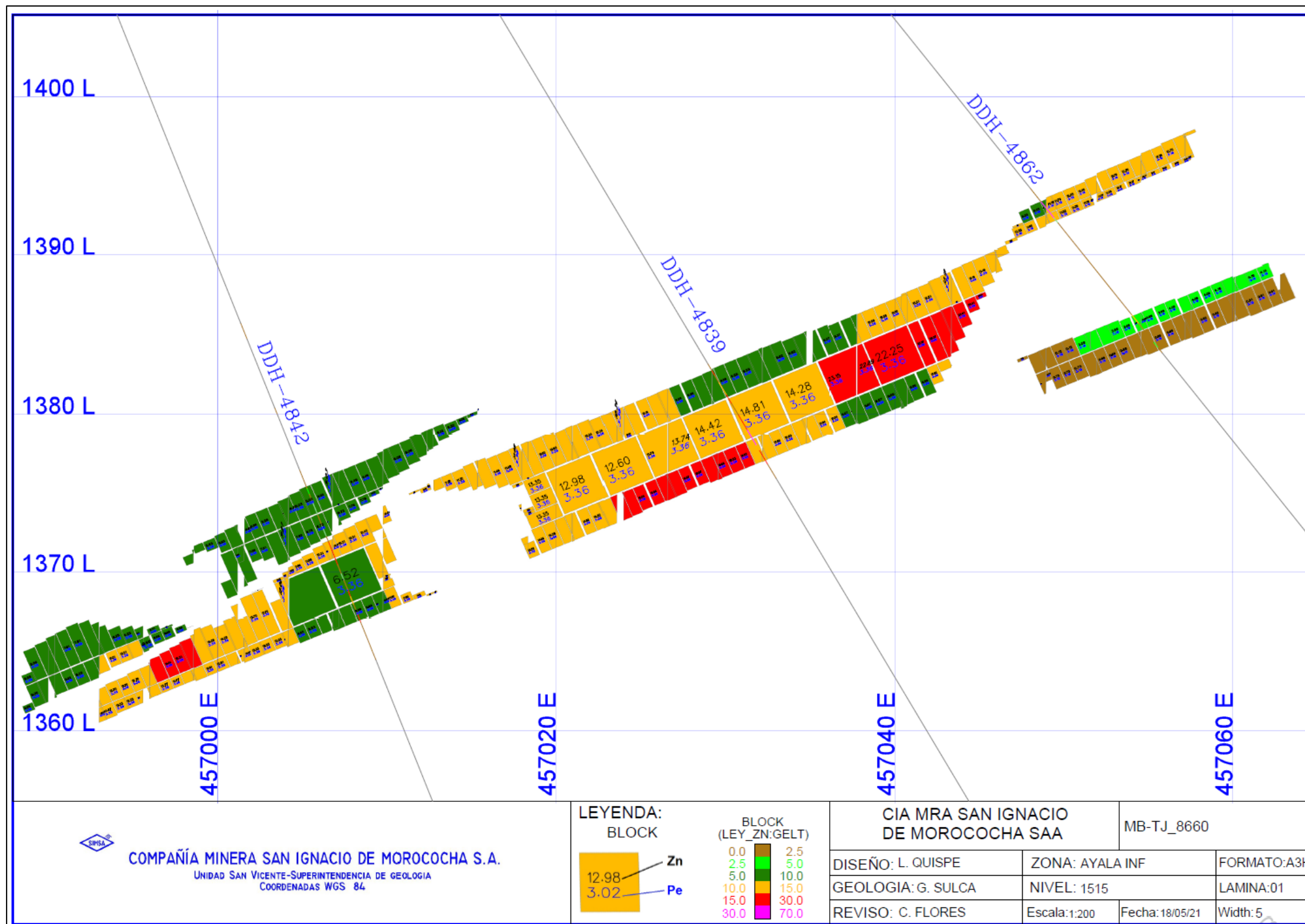


Figura 6,18 Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4862 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

Fuente: "Elaboración Cia. Minera SIMSA"

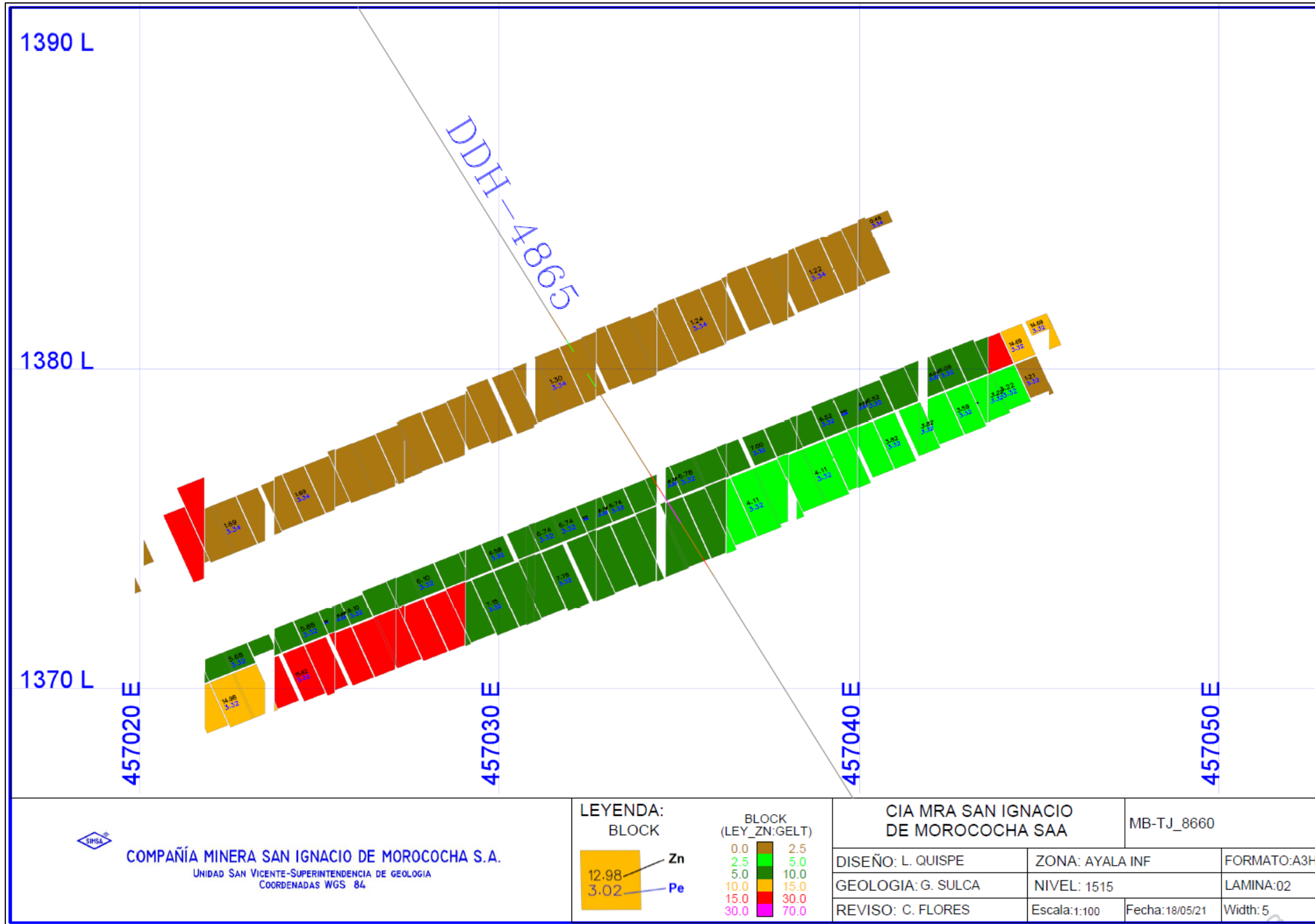


Figura 6,19 Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4865 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

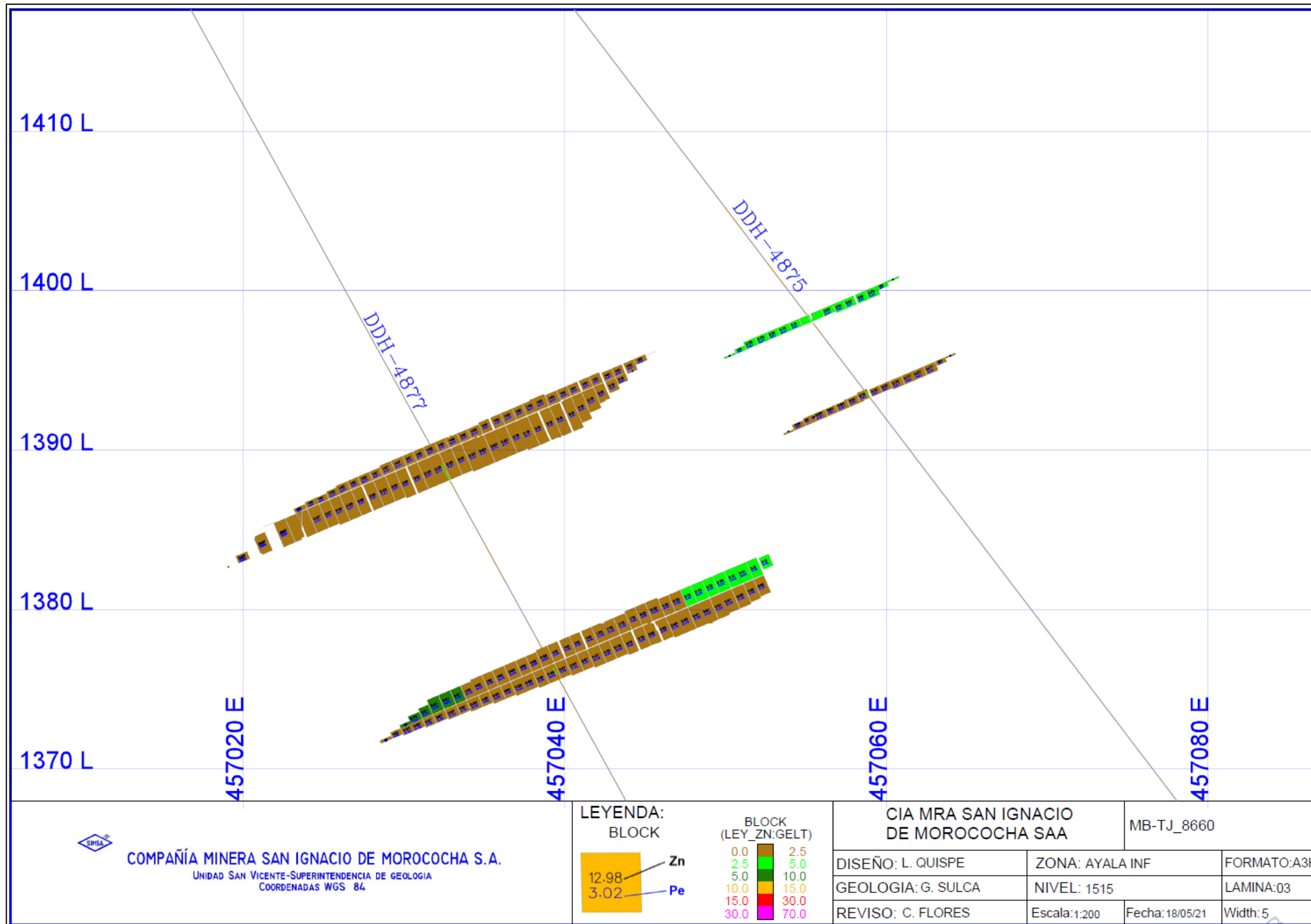


Figura 6,20 Sección del Tajo 8660 de los sondajes DDH-4875, DDH-4877 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

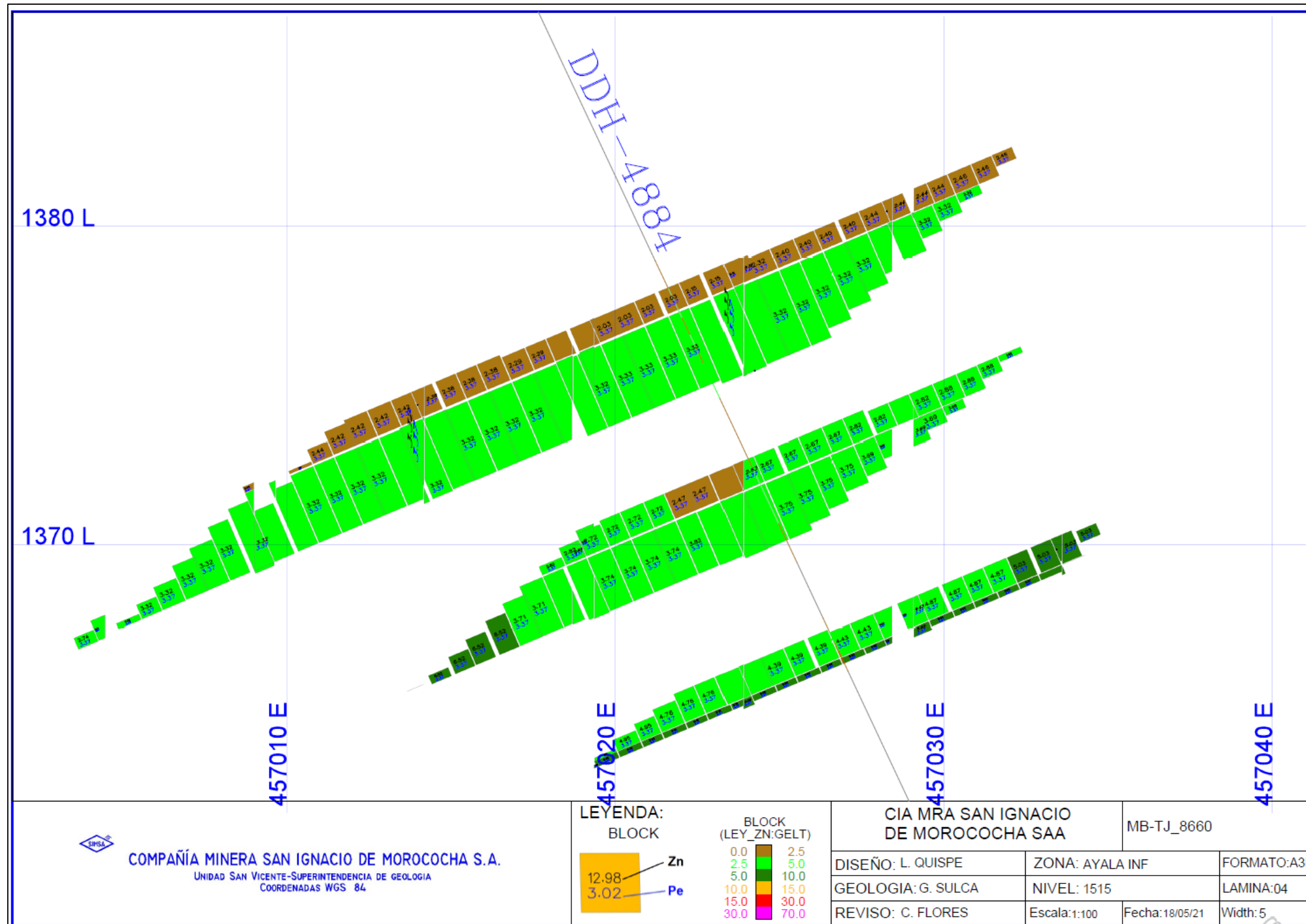
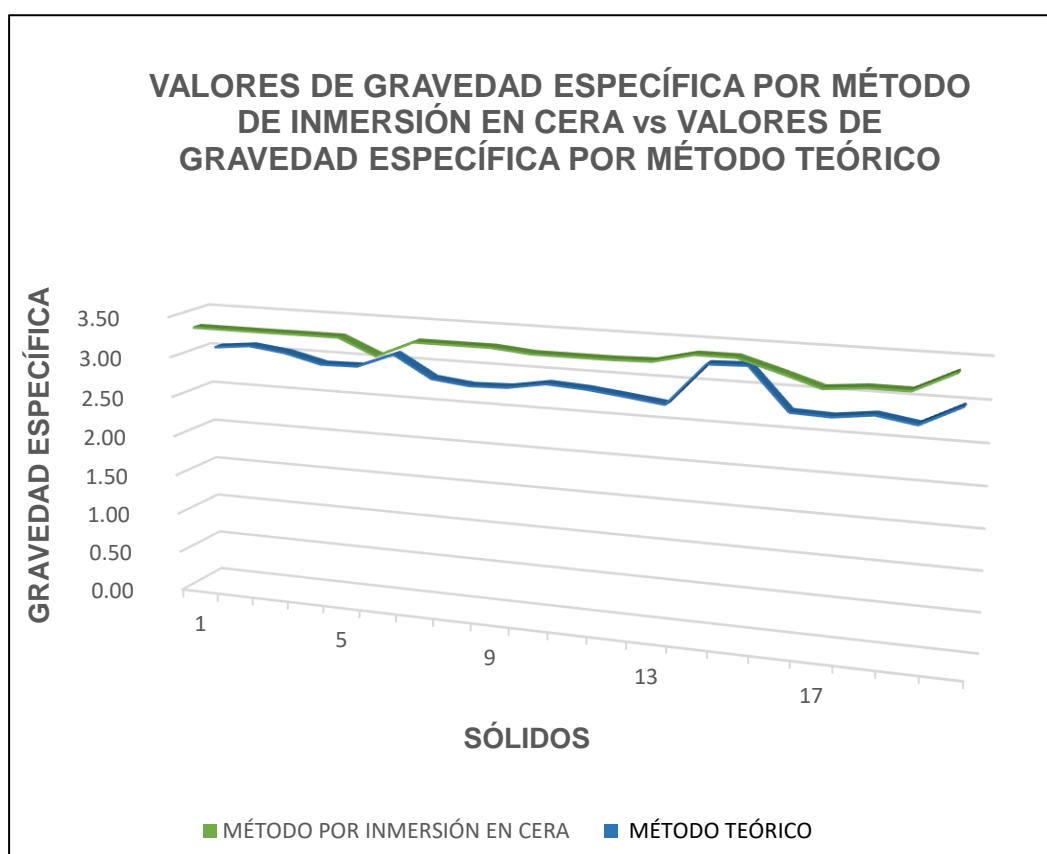


Figura 6,21 Sección del Tajo 8660 del sondaje DDH-4884 con sus valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

Los valores del cálculo de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera tienen la finalidad de brindar una mayor precisión al tonelaje que realmente se extrae de la mina y reducir la diferencia con el tonelaje calculado por el método teórico. Esto principalmente se da cuando se evalúa el programa semanal de minado y se aprecia una subestimación del tonelaje que se extrae de la mina. A continuación, se presenta un gráfico de la gravedad específica obtenida por ambos métodos en los diferentes sólidos utilizados para la estimación de recursos en el Tajo 8660. Figura 6,22.



**Figura 6,22 Comparación de los valores de gravedad específica por método teórico Vs método por inmersión en cera.**

Fuente: "Elaboración propia"

Los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera de las muestras de cada sondaje ensayado de la zona de Ayala Inferior en el Tajo 8660 conlleva a una estimación de recursos de minerales más exacta, que resulta ser mayor. Además, se delimita con precisión las zonas mineralizadas para un correcto cálculo del tonelaje y ley promedio. A continuación, se presenta un cuadro comparativo del tonelaje, ley promedio y gravedad específica calculado por ambos métodos. Tabla 6,11.

**Tabla 6,11 Comparación de estimación de recursos del Tajo 8660 por método teórico Vs método por inmersión en cera.**

RECURSOS	MÉTODO TEÓRICO					MÉTODO POR INMERSIÓN EN CERA				
	TM	POT (m)	Zn (%)	Pb (%)	G. E	TM	POT (m)	Zn (%)	Pb (%)	G. E
<b>MEDIDO</b>	11 798	5.30	11.94	0.30	3.00	13 259	5.29	11.80	0.30	3.36
<b>INDICADO</b>	9 638	4.73	11.07	0.24	2.97	10 871	4.66	10.71	0.24	3.34
<b>INFERIDO</b>	12 484	2.40	4.95	0.33	2.83	14 591	2.42	4.65	0.29	3.30
<b>TOTAL GENERAL</b>	33 920	4.07	9.12	0.30	2.93	38 721	4.03	8.80	0.28	3.34

Fuente: "Elaboración propia"

La estimación de recursos minerales del Tajo 8660 realizada por el método teórico y el método de inmersión en cera mediante el programa Vulcan que sirve para calcular el tonelaje y la ley promedio además de ello nos brinda el modelo de bloques del Tajo 8660 para su posterior validación, se compara los modelos de bloques estimados por ambos métodos notando una mayor variación en el tonelaje correspondiente a los sólidos SV\_IIIS\_05\_01 y SV\_IIIS\_05\_11 que involucran los sondajes DDH-4839, DDH-4842, DDH-4865 y DDH-4877 que presentan mineralización. Figura 6,23 y Figura 6,24.



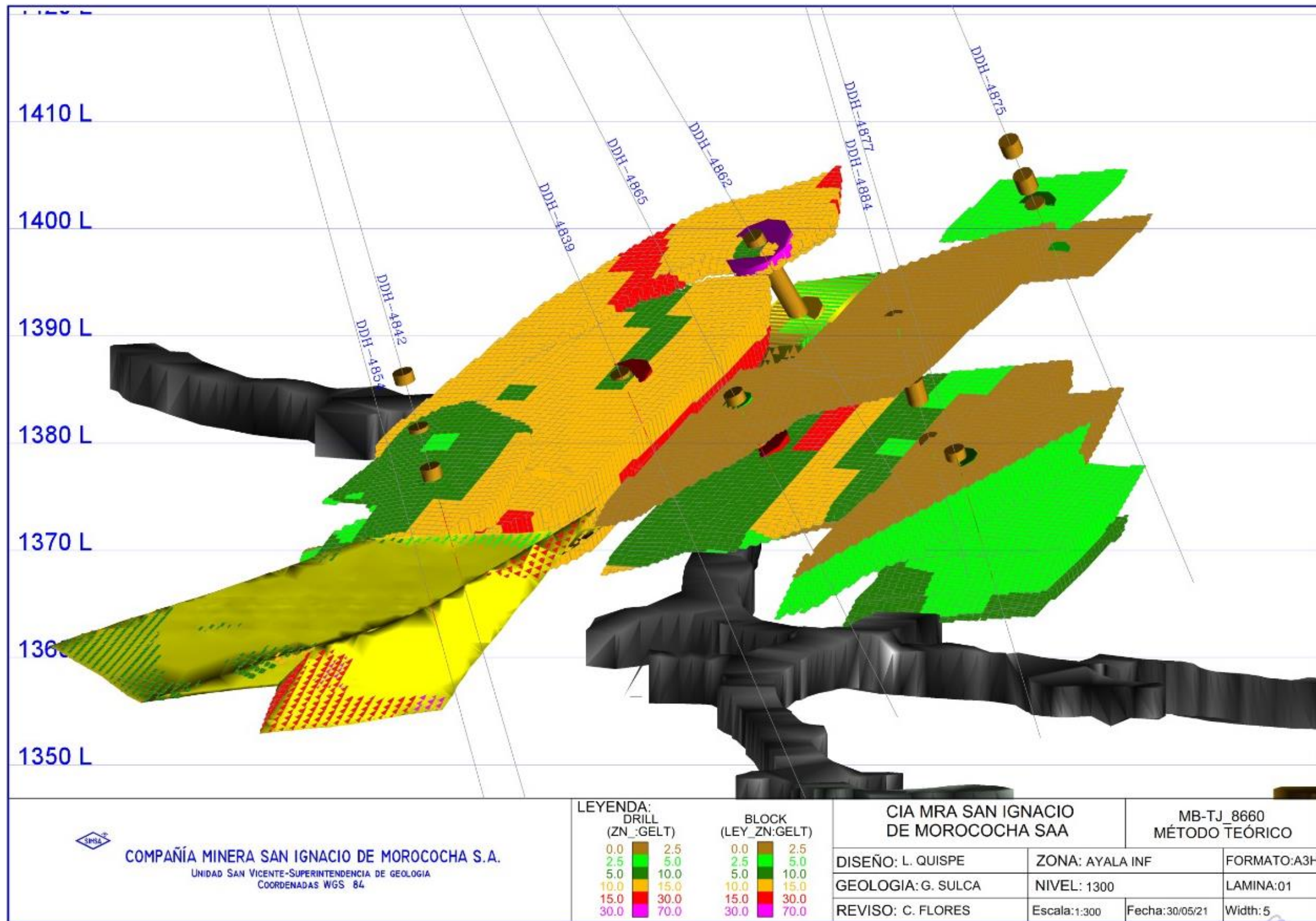


Figura 6,23 Modelo de bloques del Tajo 8660 con los valores de gravedad específica por el método teórico.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"



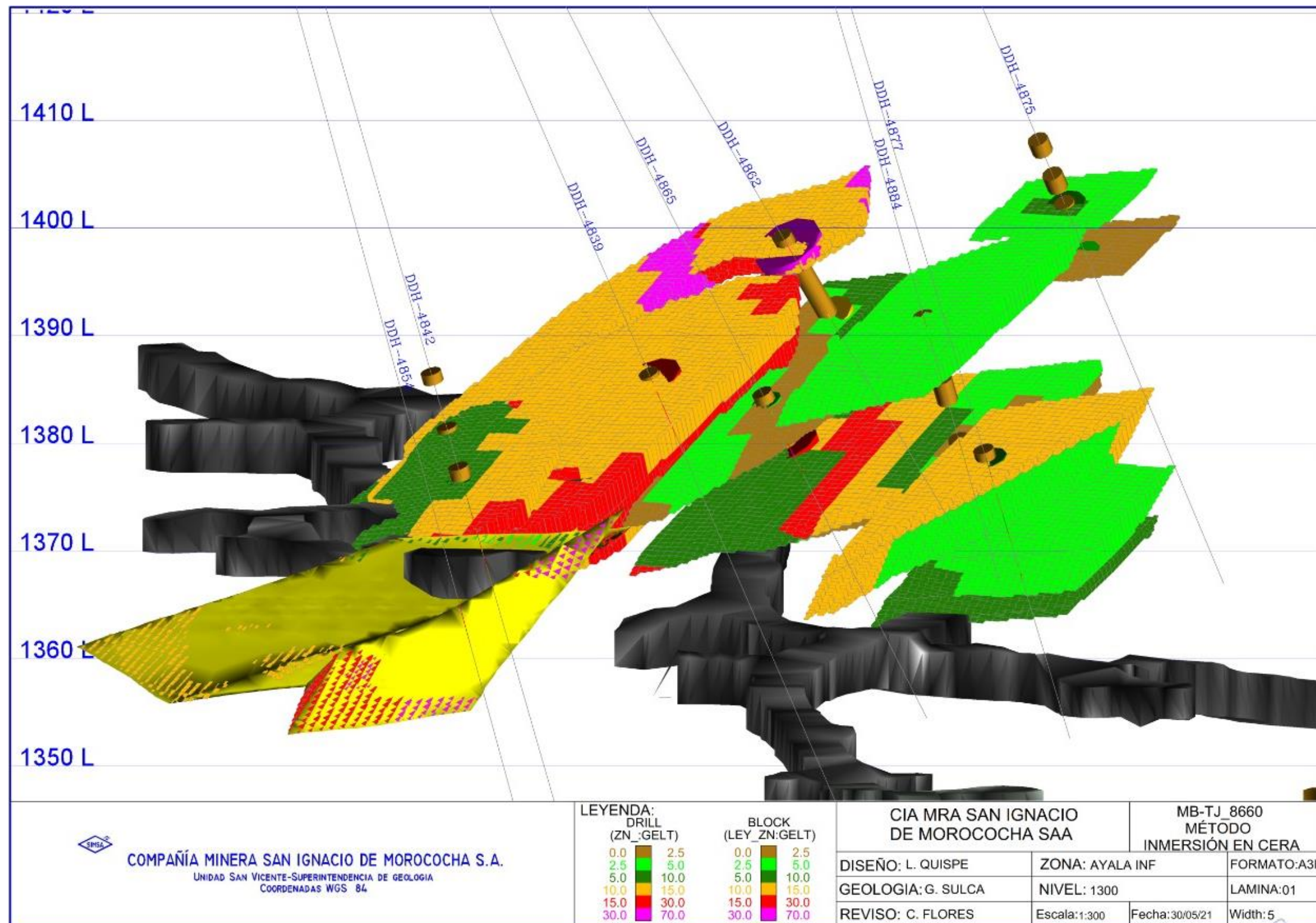


Figura 6,24 Modelo de bloques del Tajo 8660 con los valores de gravedad específica por el método de inmersión en cera.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA"

## CONCLUSIONES

- La gravedad específica promedio obtenida por el método de inmersión en cera de las rocas hospedantes con mineralización de zinc en San Vicente es de **3.511**, esto guarda una mejor relación con las leyes obtenidas en los tramos ensayados a diferencia de los valores antes utilizados por el método teórico, de igual manera sucede con las rocas estériles representativas como la caliza y la dolomía que tienen una gravedad específica promedio de **2.895** y **3.073** respectivamente y que guarda relación con la descripción textural realizada en el logueo. Por último, la gravedad específica promedio obtenida por el método de inmersión en cera en texturas representativas de San Vicente que se forman en caliza y dolomía son **2.899** y **3.078** respectivamente que guardan relación con la descripción en el logueo por tipo de roca y cantidad de fluido.
- La gravedad específica promedio de los recursos minerales estimados con respecto a los 14 sólidos que conforman el Tajo 8660 tanto por el método teórico y el método de inmersión en cera son de **2.93** y **3.34** respectivamente.
- La mayor gravedad específica promedio por el método de inmersión en cera de los sondajes que presentan mineralización y corresponden a los sólidos SV\_IIS\_05\_01 y SV\_IIS\_05\_11 son de **3.598** y **3.539** respectivamente.
- La estimación de recursos minerales mediante el modelo de bloques evidencia que en los sólidos SV\_IIS\_05\_01 y SV\_IIS\_05\_11 se tiene una mayor subestimación de tonelaje en el método teórico respecto al método de inmersión en cera con una diferencia de valores de **1 414 TM** y **841 TM** respectivamente.

- Considerando la estimación de recursos minerales del Tajo 8660 realizada con los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera de los testigos de perforación de los sondajes con intercepto de mineral y considerando recursos medidos, indicados e inferidos es de **38 721 de TM, 8.80 %Zn, 0.28 %Pb**. Por lo tanto, se tiene una mejor estimación de recursos minerales y no se subestima ninguna zona.
- Estimando los recursos minerales por ambos métodos en la zona de intercepción del Tajo 8660, la diferencia es de **4 801 TM** siendo mayor a favor del método de inmersión en cera con un porcentaje de variación que representa el **12.39%**.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar y aplicar en general el método de inmersión en cera para la gravedad específica y la estimación de recursos minerales por su exactitud y confianza en estos procesos.
- Es recomendable implementar las instalaciones de la sala de cores para continuar desarrollando el cálculo de gravedad específica por el método de inmersión en cera y este a la par del avance de perforación, logeo y muestreo de mineral en testigos de perforación.
- Se recomienda mantener constantemente capacitado al personal de sala de logeo en particular en el corte de las muestras de esta manera asegurar su estado para luego ser ensayada.
- Se recomienda documentar cada procedimiento del método de inmersión en cera para calcular la gravedad específica, a fin de realizar un control y aseguramiento de calidad del proceso para futuras auditorías.
- Se recomienda tener orden en la obtención y almacenaje de los testigos de perforación antes, durante y después de realizar el cálculo de la gravedad específica por el método de inmersión en cera, para lo cual se necesita ampliar el área de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso Rodríguez, F. (2010), "Propiedades Físicas: Densidad y Porosidad".
2. Álvarez Briceño, D. (2017), Tesis de "Análisis Estadístico de los Ensayos de Densidad de Testigos de Perforación Diamantina en Rocas Hospedantes del Proyecto Don Javier – Yarabamba – Arequipa".
3. Casaverde, J. (2019), Informe de "Validación de Recursos Minerales de la mina San Vicente, Junín – Perú.
4. Ccama Hanco, M. (2016), Tesis de "Aplicación del QA/QC en el Proceso Geológico, para validar la Estimación de Recursos y Reservas, de la Unidad Operativa Chungar".
5. Crespo Villalaz, C. (1980), "Mecánica de Suelos y Cimentaciones", Ciudad de México – México, Quinta Edición.
6. Duarte Azevedo, I. y Gomes Marques, E. (2002), "Introducción a la Mecánica de Rocas", Universidad Federal de Vicosa–Brasil.
7. Flores Choque, C. (2019), Exposición de "Geología y Exploración de la mina San Vicente, guías importantes para la exploración del yacimiento Mississippi Valley Type (MVT)", SGP, Lima - Perú.
8. Golder Associates (2017), Curso de "Estimación de Recursos Minerales y Cálculo de Reservas Minerales".
9. Norma AASHTO T 85 – 14 (2020), "Método Estándar de Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de Agregados Gruesos".

10. Norma ASTM C 127 – 04 (2020), “Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso”.
11. Norma ASTM D4531 – 86 (1996), “Estándar Test Methods for Bulk Density of Peat and Peat Products”.
12. Norma NTP 399. 139: 1999 (2014), “Determinación del peso volumétrico de suelo cohesivo”.
13. Norma NTP 400.021 (2013), “Método de ensayo estándar para la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso”.
14. Rodríguez Valverde, C. (2015), “Sistematización de los procesos de Estimación de Recursos y Reservas de la mina Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C”, 32° Perumin, Arequipa – Perú.
15. Simons, A. (2018), Curso de “Aseguramiento y Control de la Calidad en la Exploración Geológica”, Antamina, Ancash – Perú.
16. SIMSA, Geología (2020), Inventario de Recursos Minerales al 31 de Julio del 2020, Mina San Vicente, Junín – Perú.

**ANEXOS**

**Anexo N°1: Matriz de Consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES
			Dependiente	Independiente	
¿La implementación y aplicación del método de inmersión en cera en la determinación de la gravedad específica, permitirá mejorar la estimación de recursos minerales en la mina San Vicente?	<p><b>General:</b> Analizar en qué medida la determinación de la gravedad específica aplicando el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina de la mina San Vicente mejorará la estimación de recursos.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Implementar y determinar la gravedad específica por el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina para ser utilizados en la estimación de recursos.</li> <li>❖ Comparar los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera con los valores teóricos, de los sondeos con intercepto de mineral para analizar los resultados en la estimación de recursos.</li> </ul>	<p><b>General:</b> La determinación de la gravedad específica aplicando el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina de la mina San Vicente mejorará la estimación de recursos.</p> <p><b>Específica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ La implementación y determinación de la gravedad específica por el método de inmersión en cera en testigos de perforación diamantina proporcionará los datos para ser utilizados en la estimación de recursos minerales.</li> <li>❖ La comparación de los valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera con los valores teóricos, nos dará mejores resultados en la estimación de recursos.</li> </ul>	Estimación de recursos.	Gravedad específica de los testigos de perforación por el método de inmersión en cera.	<p>❖ <b>Físicos:</b> Tonelaje, leyes, gravedad específica, peso.</p>

Fuente: "Elaboración propia".

## Anexo N°2: Informe de recursos de la Cía. Minera SIMSA.



Unidad San Vicente

A: Gerencia Operaciones  
Gerencia Geología  
De: Superintendencia de Geología.

Fecha: 12 de octubre del 2020

Asunto: Estimación de Recursos Minerales al 31 de Julio 2020

Por el presente hago llegar a Ud. el Inventario de Recursos Minerales al 31 de julio del 2020, obteniendo los siguientes resultados entre Medido, Indicado e Inferido para la mina San Vicente los siguientes resultados:

TOTAL DE RECURSOS DE MINERAL (31 JULIO 2020)				
RECURSOS	TMS	POT (m)	% Zn	% Pb
MEDIDO	460,861	15.41	7.92	0.59
INDICADO	643,290	15.53	8.54	0.44
INFERIDO	2,529,523	12.32	9.30	0.34
<b>TOTAL RECURSOS</b>	<b>3,633,674</b>	<b>13.28</b>	<b>8.99</b>	<b>0.39</b>

Para la elaboración del proceso de estimación, se ha contado con la participación de todo el personal del área de Geología, desde Geólogos de operación Mina, Geólogos de Exploración, Personal de Ore Control, Administrativos, muestreros y personal de casa Core.

Atentamente:

.....  
*Ing. Jorge Palacios Povis*  
Geólogo de Exp. Modelamiento  
y Operación Mina

.....  
*Ing. Carlos Flores Choque*  
Jefe de Exploraciones Mina

- ✓ Gerencia General
- ✓ Gerencia de Operaciones
- ✓ Planeamiento
- ✓ Operación Mina
- ✓ Archivo



Anexo N°3: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4839.

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO	DIÁMETRO (cm)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4839	M-1	7.71	7.86	0.15	679.20	460.40	689.00	456.00	689.10	13.73	4.74	3.058	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-2	32.50	32.65	0.15	676.80	446.20	687.20	438.10	687.40	14.60	4.76	2.849	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-3	51.80	51.95	0.15	680.10	444.60	685.50	439.60	685.50	14.75	4.71	2.835	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-4	70.00	70.15	0.15	700.90	460.40	712.40	454.20	712.40	14.82	4.74	2.856	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-5	101.10	101.25	0.15	690.60	450.70	702.70	449.00	702.70	14.78	4.69	2.874	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-6	125.20	125.35	0.15	690.90	456.30	701.50	449.00	701.50	14.81	4.69	2.870	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-7	141.60	141.75	0.15	685.90	454.20	696.80	448.20	696.80	14.64	4.70	2.900	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-8	162.20	162.32	0.12	615.20	422.10	625.60	416.50	625.60	12.41	4.70	3.114	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-9	166.80	166.95	0.15	739.00	501.50	750.40	500.00	750.40	14.92	4.70	3.109	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-10	173.50	173.65	0.15	842.30	602.40	853.00	603.10	853.10	14.71	4.70	3.539	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-11	176.02	176.17	0.15	875.20	640.90	887.10	640.20	887.10	14.73	4.70	3.745	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-12	182.10	182.25	0.15	725.70	487.50	737.60	485.10	737.60	14.81	4.70	3.033	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-13	194.90	195.05	0.15	730.00	489.80	738.50	486.10	738.50	14.92	4.70	3.005	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-14	207.45	207.60	0.15	727.50	491.40	739.00	491.60	739.00	14.84	4.70	3.101	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4839	M-15	245.20	245.35	0.15	717.80	486.50	725.00	483.40	725.00	14.95	4.71	3.073	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

Anexo N°4: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4842.

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO	DIÁMETRO (cm)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4842	M-1	11.30	11.45	0.15	682.50	462.80	686.30	458.90	686.30	15.06	4.71	3.058	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-2	36.20	36.35	0.15	693.40	455.90	697.80	452.60	697.80	14.98	4.72	2.885	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-3	84.70	84.85	0.15	699.70	458.30	702.20	455.10	702.20	15.02	4.71	2.864	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-4	149.50	149.65	0.15	691.90	461.20	694.40	458.30	694.40	15.09	4.70	2.965	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-5	162.10	162.25	0.15	703.30	478.80	706.50	475.60	706.50	14.97	4.70	3.094	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-6	166.40	166.55	0.15	859.50	606.40	862.20	603.30	862.20	14.90	4.71	3.359	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-7	169.80	169.95	0.15	875.60	635.10	878.40	628.50	878.40	14.92	4.70	3.548	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-8	173.90	174.05	0.15	880.80	648.90	884.20	645.60	884.20	15.04	4.70	3.751	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-9	183.70	183.85	0.15	712.70	482.20	715.70	479.30	715.70	15.03	4.71	3.058	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4842	M-10	269.50	269.65	0.15	708.40	486.50	711.20	482.80	711.20	14.99	4.74	3.144	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

Anexo N°5: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4854.

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO (cm.)	DIÁMETRO (cm.)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4854	M-1	9.10	9.25	0.15	671.80	452.60	674.30	449.70	674.30	13.73	4.74	3.029	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-2	42.50	42.65	0.15	695.70	455.40	698.20	451.80	698.20	14.60	4.76	2.856	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-3	80.40	80.55	0.15	692.30	449.10	695.70	445.60	695.70	14.82	4.74	2.811	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-4	115.70	115.85	0.15	689.50	458.20	692.40	454.50	692.40	14.78	4.70	2.938	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-5	144.60	144.75	0.15	691.90	453.80	694.80	450.10	694.80	14.81	4.70	2.865	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-6	166.30	166.45	0.15	693.40	479.70	698.60	471.20	698.60	14.64	4.69	3.129	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-7	170.50	170.65	0.15	889.70	657.80	892.80	654.60	892.80	12.41	4.69	3.790	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-8	173.60	173.75	0.15	885.30	650.40	889.60	647.10	889.60	14.92	4.71	3.724	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-9	177.20	177.35	0.15	714.60	490.40	718.30	487.20	718.30	14.71	4.70	3.148	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-10	182.70	182.85	0.15	719.40	494.70	722.50	491.30	722.50	14.73	4.70	3.159	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-11	188.40	188.55	0.15	715.20	485.50	718.70	482.80	718.70	14.81	4.70	3.083	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-12	194.80	194.95	0.15	711.60	480.80	715.40	477.90	715.40	14.93	4.69	3.050	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4854	M-13	201.10	201.25	0.15	709.70	479.30	712.00	475.70	712.00	14.84	4.70	3.036	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

**Anexo N°6: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4862.**

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO (cm.)	DIÁMETRO (cm.)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4862	M-1	6.15	6.30	0.15	678.50	459.30	688.80	455.80	688.90	13.48	4.75	3.062	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-2	35.65	35.80	0.15	676.40	446.10	687.00	437.90	687.00	14.60	4.77	2.850	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-3	82.45	82.60	0.15	698.70	459.80	711.60	454.30	711.60	14.85	4.73	2.876	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-4	110.25	110.40	0.15	689.30	447.40	698.50	442.80	702.50	14.78	4.69	2.808	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-5	130.12	130.27	0.15	690.80	456.00	701.20	451.90	701.20	14.81	4.69	2.906	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-6	142.05	142.20	0.15	685.70	454.70	696.50	448.00	696.50	14.64	4.70	2.899	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-7	155.30	155.45	0.15	683.10	446.10	689.30	441.80	689.30	12.41	4.70	2.839	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-8	160.16	160.31	0.15	686.70	443.30	698.00	442.10	698.00	14.83	4.68	2.822	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-9	170.90	171.05	0.15	732.00	489.00	742.70	486.20	742.70	15.05	4.68	2.993	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-10	174.95	175.10	0.15	883.10	648.10	891.50	645.30	891.50	14.96	4.68	3.728	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-11	177.25	177.40	0.15	708.20	480.50	719.40	474.40	719.40	14.57	4.68	3.045	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-12	180.60	180.75	0.15	721.70	484.50	734.60	481.90	734.60	14.85	4.70	3.028	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-13	183.85	184.00	0.15	715.80	482.40	725.70	479.50	725.70	14.92	4.69	3.043	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-14	185.15	185.30	0.15	811.30	565.20	820.10	562.00	820.10	14.88	4.70	3.267	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4862	M-15	187.50	187.65	0.15	712.50	480.60	721.70	477.40	721.70	15.02	4.70	3.044	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

**Anexo N°7: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4865.**

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO (cm.)	DIÁMETRO (cm.)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4865	M-1	9.51	9.66	0.15	677.20	461.40	688.00	458.00	688.00	14.84	4.74	3.106	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-2	34.60	34.75	0.15	675.80	448.20	686.20	445.70	686.20	14.75	4.77	2.952	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-3	81.00	81.15	0.15	701.00	462.40	710.40	459.10	710.40	14.94	4.74	2.910	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-4	108.40	108.55	0.15	689.50	450.60	700.40	447.00	700.40	14.88	4.69	2.858	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-5	127.20	127.35	0.15	691.00	458.30	690.90	455.50	690.90	14.91	4.70	2.934	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-6	143.75	143.90	0.15	686.90	451.20	696.80	448.20	696.80	14.84	4.70	2.891	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-7	152.20	152.35	0.15	672.30	439.10	683.70	436.50	683.70	14.41	4.70	2.867	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-8	158.15	158.30	0.15	680.00	443.20	698.20	442.70	698.20	14.83	4.68	2.890	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-9	175.80	175.95	0.15	823.60	580.70	831.10	576.00	831.10	15.05	4.68	3.338	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-10	180.30	180.45	0.15	888.30	653.30	898.70	650.50	898.70	14.96	4.68	3.754	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-11	182.60	182.75	0.15	871.20	631.50	880.90	629.20	880.90	14.95	4.68	3.616	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-12	186.80	186.95	0.15	705.50	478.20	717.70	475.40	717.70	14.78	4.69	3.084	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-13	194.70	194.85	0.15	701.30	469.50	709.40	466.70	709.40	14.89	4.68	3.001	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-14	200.50	200.65	0.15	706.10	471.40	715.80	469.20	715.80	14.75	4.68	2.994	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4865	M-15	209.40	209.55	0.15	708.40	480.70	719.60	474.80	719.60	14.57	4.68	3.049	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

Anexo N°8: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4875.

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO (cm.)	DIÁMETRO (cm.)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4875	M-1	5.81	5.96	0.15	674.60	455.20	686.10	451.80	686.10	13.73	4.74	3.045	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-2	33.45	33.60	0.15	685.70	445.60	690.50	441.50	690.50	14.60	4.76	2.814	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-3	77.15	77.30	0.15	699.90	450.40	709.30	446.10	709.30	14.82	4.74	2.769	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-4	103.15	103.30	0.15	698.30	452.70	701.40	448.30	701.40	14.78	4.70	2.797	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-5	130.26	130.41	0.15	695.80	456.30	700.50	452.80	700.50	14.81	4.70	2.870	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-6	144.88	145.03	0.15	687.90	453.40	696.60	447.20	696.60	14.64	4.69	2.869	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-7	154.70	154.85	0.15	698.40	462.20	706.70	456.50	706.70	12.41	4.69	2.898	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-8	164.40	164.55	0.15	703.50	479.10	710.40	473.60	710.40	14.92	4.71	3.070	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-9	166.50	166.65	0.15	869.30	620.40	876.00	617.10	876.00	14.71	4.70	3.457	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-10	172.64	172.79	0.15	835.20	583.40	841.10	577.90	841.10	14.73	4.70	3.254	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-11	185.12	185.27	0.15	677.60	461.50	684.70	455.20	684.70	14.81	4.70	3.058	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-12	193.40	193.55	0.15	706.40	475.70	716.60	471.80	716.60	14.93	4.69	3.026	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4875	M-13	201.60	201.75	0.15	710.50	483.40	721.00	478.60	721.00	14.84	4.70	3.079	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

Anexo N°9: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4877.

Fuente: "Elaboración propia".

SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO (cm.)	DIÁMETRO (cm.)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4877	M-1	8.15	8.30	0.15	673.20	456.40	678.00	454.10	683.00	14.53	4.69	3.080	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-2	29.40	29.55	0.15	687.80	450.20	694.20	448.10	694.20	14.70	4.70	2.878	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-3	52.35	52.50	0.15	698.90	457.40	703.40	454.20	703.40	14.85	4.70	2.862	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-4	81.10	81.25	0.15	694.60	452.70	701.70	449.00	701.70	14.79	4.69	2.837	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-5	125.77	125.92	0.15	690.90	455.30	695.50	452.00	695.50	14.92	4.69	2.898	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-6	139.60	139.75	0.15	687.40	454.20	696.80	448.20	696.80	14.86	4.69	2.886	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-7	147.17	147.32	0.15	665.20	442.10	669.60	436.50	669.60	14.35	4.70	2.915	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-8	157.80	157.95	0.15	671.00	451.50	676.40	448.00	676.40	14.98	4.70	3.017	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-9	162.60	162.75	0.15	865.20	620.20	869.10	615.90	869.10	14.89	4.70	3.477	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-10	168.40	168.55	0.15	849.30	601.40	853.00	598.10	853.00	14.73	4.70	3.387	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-11	176.60	176.75	0.15	835.80	609.30	842.50	606.70	842.50	14.90	4.69	3.660	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-12	182.10	182.25	0.15	715.70	480.50	725.60	477.10	725.60	14.95	4.70	3.013	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4877	M-13	187.45	187.60	0.15	730.50	493.40	739.00	491.60	739.00	14.84	4.70	3.070	OK	OK	OK	NO HAY ERROR

**Anexo N°10: Valores de gravedad específica obtenidos por el método de inmersión en cera del sondaje DDH-4884.**

Fuente: "Elaboración propia".

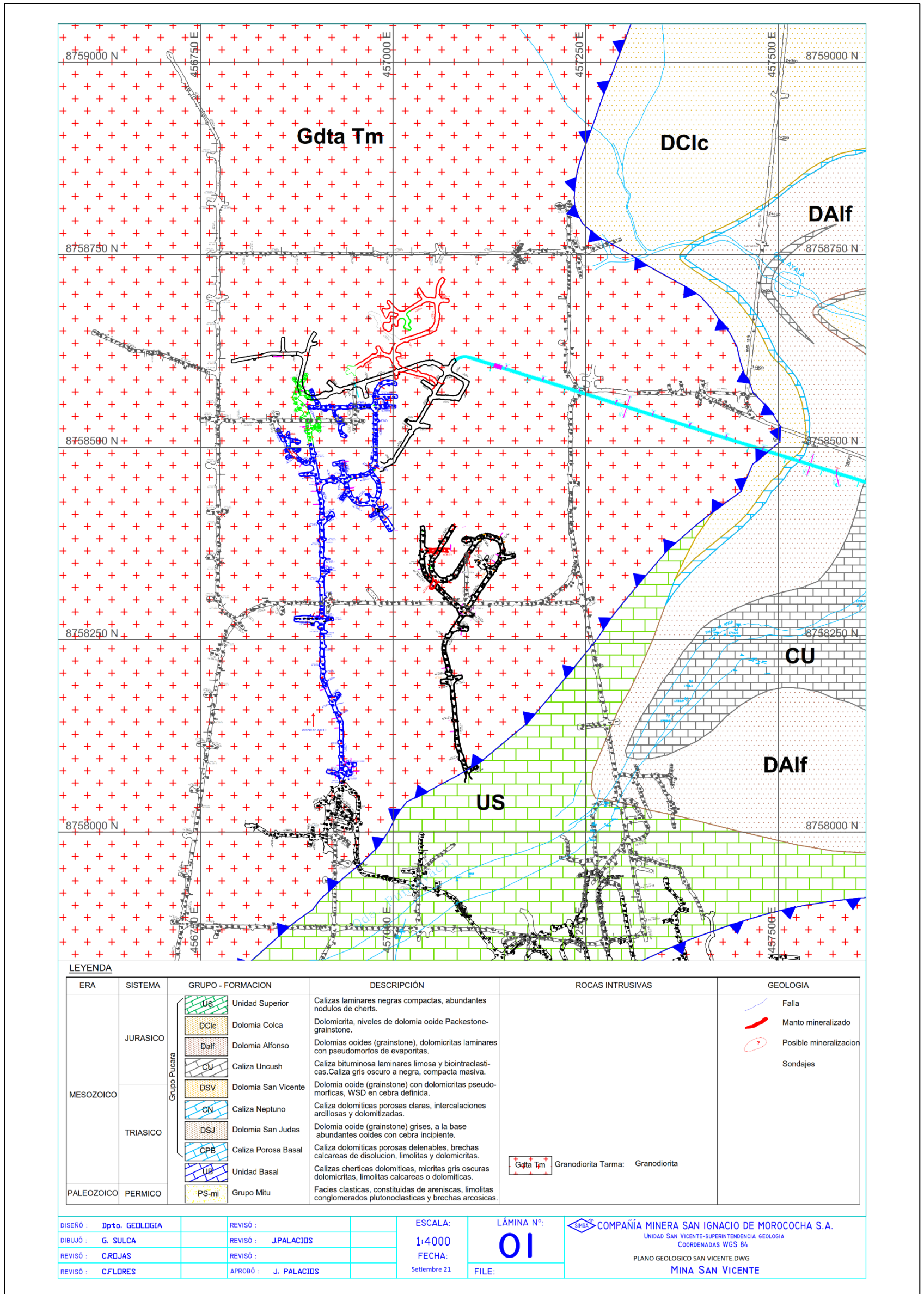
SONDAJE	N° DE MUESTRA	DESDE	HASTA	ANCHO (cm)	PESO AIRE SIN CERA (gr.)	PESO AGUA SIN CERA (gr.)	PESO AIRE CON CERA (gr.)	PESO AGUA CON CERA (gr.)	2DO PESO AIRE CON CERA	LARGO (cm.)	DIÁMETRO (cm.)	GRAVEDAD ESPECÍFICA	DIFF PESO SIN CERA	DIFF PESO AIRE VS. AGUA	DIFF DE PESO CON CERA Y SIN CERA	ERRORES DE G.E <1.9 o >4.0
DDH-4884	M-1	10.71	10.86	0.15	678.80	458.40	682.30	455.80	682.30	14.73	4.71	3.049	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-2	22.50	22.65	0.15	686.40	456.20	692.20	454.10	692.20	14.65	4.71	2.963	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-3	50.00	50.15	0.15	695.90	459.40	698.40	462.20	698.40	14.86	4.70	2.981	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-4	71.10	71.25	0.15	691.60	451.70	694.70	454.00	694.70	14.88	4.69	2.915	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-5	85.20	85.35	0.15	689.90	455.30	693.50	459.00	693.50	14.91	4.70	2.993	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-6	101.60	101.75	0.15	685.40	451.60	695.10	454.20	695.10	14.84	4.70	2.978	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-7	132.20	132.35	0.15	675.20	442.10	685.60	445.50	685.60	14.65	4.69	2.954	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-8	146.80	146.95	0.15	705.00	458.50	714.60	461.00	714.60	14.97	4.71	2.902	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-9	170.60	170.75	0.15	852.30	603.40	861.00	607.20	861.00	14.81	4.70	3.491	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-10	176.25	176.40	0.15	870.60	615.20	880.10	620.90	880.10	14.93	4.71	3.501	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-11	181.65	181.80	0.15	863.80	628.90	872.40	633.70	872.40	14.98	4.70	3.770	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-12	190.10	190.25	0.15	707.70	477.50	717.60	483.10	717.60	14.85	4.70	3.166	OK	OK	OK	NO HAY ERROR
DDH-4884	M-13	196.45	196.60	0.15	724.90	481.40	734.00	488.60	734.00	14.93	4.71	3.081	OK	OK	OK	NO HAY ERROR





Anexo N°12: Vista en planta del Tajo 8660 ubicado espacialmente en el plano geológico regional de la mina San Vicente.

Fuente: "Elaboración Cía. Minera SIMSA".



DISEÑO : Dpto. GEOLGIA  
 DIBUJÓ : G. SULCA  
 REVISÓ : C.ROJAS  
 REVISÓ : C.FLDRES

REVISÓ :  
 REVISÓ : J.PALACIOS  
 REVISÓ :  
 APROBÓ : J. PALACIOS

ESCALA:  
 1:4000  
 FECHA:  
 Setiembre 21

LÁMINA N°:  
 01  
 FILE:

COMPAÑÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.  
 UNIDAD SAN VICENTE-SUPERINTENDENCIA GEOLOGIA  
 COORDENADAS WGS 84  
 PLANO GEOLOGICO SAN VICENTE.DWG  
 MINA SAN VICENTE