



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

**TESIS:**

**ANÁLISIS GEOESPACIAL Y USO DE SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICO PARA EL CÁLCULO DE  
RECURSOS DE CARBÓN EN LA CONCESIÓN MINERA MI  
GRIMALDINA 1, PIÑIPATA, CAJAMARCA, 2017.**

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

**Presentado por la Bachiller:  
ROSMERI KATTARYNE CORTEZ TELLO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2017-**

**A:**

A Dios por su infinita gratitud y bondad, que me permitió llegar hasta esta etapa de mi vida, cuidándome y guiándome para el logro de una meta más en mi vida.

A mis padres, en especial a mi madre Eliza Tello Aguilar, quien es el pilar fundamental de todo lo que soy, por su apoyo incondicional y moral, por todos los valores que me ha inculcado, este logro también es de ustedes.

A mis hermanos, en especial a mi querido hermano John Cortez Tello, por su confianza y el apoyo incondicional que me brindo para la realización de este trabajo.

Rosmeri

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la fortaleza y sabiduría y por haberme guiado para poder llegar a esta etapa de mi vida y seguir realizando mis sueños y cumplir con mis metas trazadas.

A mi madre quien me brindo su apoyo incondicional y por su gran cariño, que mediante toda la trayectoria de mi vida ella esta conmigo demostrandome su amor, su perseverancia y sobre todo su plena confianza .

A mis hermanos, en especial a mi hermano John Cortez Tello, que confio en mi y me apoyo incondicionalmente para alcanzar mis metas y objetivos.

La autora

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
<b>CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Delimitación de la investigación	2
1.2.1 Delimitación espacial	2
1.2.2 Delimitación social	3
1.2.3 Delimitación temporal	3
1.2.4 Delimitación conceptual	3
1.3 Problemas de investigación	4
1.3.1 Problema principal	4
1.3.2 Problema secundario	4
1.4 Objetivos de la investigación	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis y variables de la investigación	5

	Pág.
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2 Hipótesis secundarios	5
1.5.3 Variables (definición conceptual y operacional)	6
a. Definición Conceptual	6
b. Operacional	7
6.1 Metodología de la investigación	7
1.6.1 Tipo y nivel de investigación	7
a. Tipo de investigación	7
b. Nivel de investigación	8
1.6.2 Método y diseño de investigación	8
a. Método de la investigación	8
b. Diseño de la investigación	8
1.6.3 Población y muestra de la investigación	9
a. Población	9
b. Muestra	9
1.6.4 Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	9
a. Técnicas	9
b. Instrumentos	10
1.6.5 Justificación, Importancia y limitaciones de la investigación	10
a. Justificación	10
b. Importancia	11
c. Limitaciones	12

	Pág.
<b>CAPITULO II : MARCO TEÓRICO</b>	<b>13</b>
2.1 Antecedentes del problema	13
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 Descripción de la zona de estudio	19
a. Ubicación geográfica de la zona de estudio	20
b. Accesibilidad	21
c. Descripción del medio biológico	23
d. Descripción de la actividad	24
2.2.2 Análisis geoespacial y uso de sistemas de información geográfico	25
a. Análisis geoespacial	25
b. Sistemas de información geográfico	26
2.2.3 Cálculo de recursos	33
a. Concepto	33
b. Clases	33
c. Reserva mineral	34
d. Métodos computarizados	34
e. Informe técnico de una estimación de recursos	36
f. Métodos de explotación subterránea	37
g. Carbón	44
h. Software ArcGIS	48
2.3 Definición de términos básicos	53

	Pág.
<b>CAPITULO III: PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>57</b>
3.1. Ingeniería del proyecto	57
3.2. Análisis	58
a.Cálculo de Recurso y Tiempo de vida de forma matemática	58
b.Cálculo de Recurso y Tiempo de vida con el software ArcGIS	68
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>117</b>

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación política	3
Tabla 2. Ubicación geografía	3
Tabla 3. Operacionalización de variables	7
Tabla 4. Características Geográficas	20
Tabla 5. Coordenadas	20
Tabla 6. Distancia de la ruta de transporte Cajamrac- Piñipata	23
Tabla 7. Ventajas y desventajas de un SIG	32
Tabla 8. Informe tecnico de una estimacion de recursos	36
Tabla 9. Resultados del cálculo del recurso de carbón ( tn)	68
Tabla 10. Resultados del cálculo del tiempo de vida del yacimiento	68
Tabla 11. Matriz de consistencia	118



## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de la conseción Mi Grimaldina 1	21
Figura 2. Primer tramo Cajamarca- Bambamarca	22
Figura 3. Sistema de Información Geografico	28
Figura 4. Formato raster	30
Figura 5. Formato vectorial	30
Figura 6. Explotación por sub-niveles	37
Figura 7. Explotación de corte y relleno ascendente	40
Figura 8. Explotación por cámaras y pilares	41
Figura 9. Ejemplo de explotación por cámaras y pilares	41
Figura 10. Cámaras y pilares en avance dentro de la labor 1	58
Figura 11. Cámaras y pilares en avance dentro de la labor 3	58
Figura 12. Representación de galerías de la labor 1	60
Figura 13. Medidas de la labor 1	60
Figura 14. Camaras y pilares de la labor 2	63
Figura 15. Medidas de las cámaras de la labor 2	63
Figura 16. Cámaras y pilares de la labor 3	66
Figura 17. Medidas de la labor 3	66
Figura 18. Ubicación georeferenciada de la concesión Minera Mi Grimaldina 1 y sus 3 labores en ArcGIS	71
Figura 19. Superposición del Shapefile de la concesión minera y las tres labores mineras en Google earth.	72
Figura 20. Uso de la herramienta HawthTools, para la elaboración de las grillas	73

	Pág.
Figura 21. Ventana de dialogo Create Vector Grid.	74
Figura 22. Campo Output <> New Shapelite to create	75
Figura 23. Guardado y elaboración de grillas en la labor 3	75
Figura 24. Ventana de Create New Shapelite <> faecture typ <> polyline	76
Figura 25. Elaboración de Shapelite <> polyline de la camara de explotación	77
Figura 26. Elaboracion de las camaras verticales y horizontales	78
Figura 27. Creación del campo <Buffer>	79
Figura 28. Creación del campo <Buffer>	79
Figura 29. Ventana de <Geoprocessing>	80
Figura 30. Creación del Shapelite <Buffer>	81
Figura 31. Creación del Shapelite <Clip>	82
Figura 32. Ingreso de datos validados al Shapefile.	83
Figura 33. Uso del ArcScene	84
Figura 34. Uso de la herramienta <Extrusion>.	84
Figura 35. Visualización 3D de las cámaras tanto vertical y horizontales	85
Figura 36. Ingreso de la información de las cámaras horizontales y verticales de la labor 1	87
Figura 37. Cálculo del volumen en toneladas de las camaras horizontales de la labor 1	88
Figura 38. Cálculo del volumen en toneladas de las camaras horizontales de la labor 1	89
Figura 39. Cálculo del volumen en toneladas de las camaras verticales de la labor 1	90

	Pág.
Figura 40. Uso de la herramienta <Merge> labor 1.	91
Figura 41. Cálculo de la suma total de toneladas/cámara labor 1	92
Figura 42. Cálculo del tiempo de vida de la labor 1	93
Figura 43. Ingreso de la información de las cámaras verticales y horizontales labor 2	94
Figura 44. Ingreso de la información de las cámaras verticales y horizontales labor 2	95
Figura 45. Cálculo del volumen en toneladas de las cámaras horizontales de la labor 2	96
Figura 46. Cálculo del volumen en toneladas de las cámaras verticales de la labor 2	97
Figura 47. Uso de la herramienta <Merge> labor 2.	98
Figura 48. Cálculo de la suma total de toneladas/cámara labor 2	99
Figura 49. Cálculo del tiempo de vida de la labor 2.	99
Figura 50. Cálculo del tiempo de vida de la labor 2.	100
Figura 51. Ingreso de la información de las cámaras horizontales labor 3.	101
Figura 52. Ingreso de la información de las cámaras verticales labor 3.	102
Figura 53. Calculo de volumen en toneladas de las cámaras horizontales labor 3	103
Figura 54. Cálculo del voluen en toneladas de las camaras verticales de labor 3	104
Figura 55. Uso de la herramienta <Merge> labor 3.	105
Figura 56. Cálculo de la suma total de toneladas/cámara labor 3.	106
Figura 57. Cálculo del tiempo de vida de la labor 3.	106

	Pág.
Figura 58. Cálculo de vida de la labor 3.	107
Figura 59. Resumen del tiempo de vida de cada una de las labor	109
Figura 60. Tiempo de vida de la suma de las tres labores de carbón antracita	109
Figura 61. Encuesta para el encargado	119
Figura 62. Trocha Carrozable Bambamarca- Piñípata	122
Figura 63. Puente de acceso a Mi Grimaldina 1	122
Figura 64. Accesos a las labores mineras	123
Figura 65. Plataforma de almacén en sacos de 50kg. de carbón	123
Figura 66. Tomando coordenadas del yacimiento minero	124
Figura 67. Tomando coordenadas de la Bocamina N° 2	125
Figura 68. Cámaras de Interior mina de la labor 2	125
Figura 69. Exterior de la concesión minera Mi Grimaldina 1	126
Figura 70. Manto de carbón antracita en interior mina	127

## RESUMEN

Los Sistemas de Información Geográfica han demostrado ser una herramienta importante en el manejo de información geoespacial actualizada, su implementación en las distintas labores de la ingeniería, han evidenciado su verdadera potencialidad alcanzando resultados muy satisfactorios en trabajos de investigación, con respecto al objetivo planteado dentro de la investigación es realizar un Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017. Se trabajó un tipo de investigación transversal, nivel descriptivo, método inductivo y diseño no experimental. Se utilizó como muestra la Concesión minera Mi Grimaldina 1 y se aplicó el instrumento una encuesta aplicada al encargado, la cual sirvió como base para crear el modelo de cálculo de recursos de carbón, para lo cual se cumplió con el objetivo planteado, al crear un modelo ayuda a tomar mejores decisiones a los encargados de la concesión minera.

### **Palabras clave:**

Análisis Geoespacial, Sistemas de Información Geográfico, Cálculo de Recursos de Carbón.

## **ABSTRACT**

The Geographic Information Systems have proved to be an important tool in the management of updated geospatial information, their implementation in the different engineering tasks, have evidenced their true potential, achieving very satisfactory results in research work, with respect to the objective set within the research that Perform a Geospatial Analysis and use of Geographic Information Systems for the Calculation of Coal Resources in the Mining Concession Mi Grimaldina 1, in the Piñipata Caserío, Department of Cajamarca, in the year 2017. A type of transversal research, descriptive level, inductive method and a non-experimental design. The Mi Grimaldina 1 Mining Concession was used as sample and the instrument was applied a survey applied to the manager, which served as a basis to create the model for calculating coal resources, for which the objective was achieved by creating a model helps to make better decisions to the managers of the mining concession.

### **Keywords:**

Geospatial Analysis, Geographic Information Systems, Coal Resource Calculation.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación pretende brindar los criterios y herramientas necesarias para el Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfica que ayude a realizar el cálculo de recursos de carbón en la minera Mi Grimaldina, caserío de Piñipata, distrito de Bambamarca, departamento de Cajamarca en el año 2017.

Gracias a los avances tecnológicos en la ingeniería se destacan en este ámbito los Sistemas de Información Geográfica (SIG), debido al incremento de los SIG a nivel mundial y nacional, sus usos se han diversificado enormemente que permiten manejar la información y es por ello para el presente estudio se realizó un análisis geoespacial para el cálculo de recursos de carbón usando el software ArcGIS.

Con el cálculo de recursos lo que se busca es entregar un potencial económico de los recursos mineros, los que dan origen a diferentes diseños mineros que sustentan un plan minero que ayudará a tomar mejores decisiones por parte de los altos directivos.

Para desarrollar el mencionado proyecto, es necesario realizar diversas tareas previas para llegar a definir las diferentes características de la concesión minera a explotar, incluyendo como parámetro fundamental la cantidad del mineral y su ubicación espacial. Es importante entender la cantidad de elementos, sus características geotécnicas, que influirán con el método de explotación.

A continuación, se detalla, lo que contiene la tesis.

En el Capítulo I, se presenta el planteamiento metodológico.

En el Capítulo II, el marco teórico, relacionado con la presente investigación.

En el Capítulo III, la presentación, análisis e interpretación de resultado.

## **CAPITULO I    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La producción mundial de Carbón se encuentra muy repartida, en 70 países con yacimientos aprovechables. Al ritmo actual de consumo se calcula que existen reservas seguras para 147 años, por 41 y 63 del petróleo y el gas, respectivamente. Además, el 68% de las reservas de petróleo y el 67% de las de gas se encuentran en Oriente Medio y Rusia. El hombre extrae carbón desde la Edad Media. En los yacimientos poco profundos la explotación es a cielo abierto. Sin embargo, por lo general las explotaciones de carbón se hacen con minería subterránea ya que la mayoría de las capas se encuentran a cientos de metros de profundidad. (Núñez & Garay, 2012).

Según Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), (2017), en su artículo publicado presenta que la minería de carbón, en el país, es artesanal y de pequeña escala. Históricamente en la década del 50 tuvo su mayor auge llegándose a explotar a mayor escala para su exportación a Francia y Argentina. El yacimiento de Goyllarisquizga ha sido la única mina explotada sistemáticamente. Las grandes industrias del Perú, se localizan en la costa y los yacimientos de carbón en la cordillera, siendo el costo del transporte muy



alto con respecto al costo de explotación. Las antracitas peruanas son utilizadas principalmente como fuente de energía para pequeñas industrias.

Para la explotación del carbón, en el Perú, se requiere aplicar una metodología adecuada a las condiciones estructurales de las capas de carbón en las diferentes cuencas por tratarse mayormente de capas muy disturbadas, subverticales, con grosores que varían de 0,5 a 2 m. a excepción de casos puntuales que alcanzan mayores grosores; al mismo tiempo se requiere mejorar la infraestructura vial.

INGEMMET (2015), muestra previsiones de futuro y dice que el consumo mundial de carbón se triplicará en los próximos veinticinco años. Hay varias razones, entre las que destacan el aumento de los precios del petróleo y del gas. El carbón llegará a cubrir, en 2016, el 54 por ciento de las necesidades energéticas.

En la tecnología día a día hay varios cambios la cual ayudan a tomar las mejores decisiones si la sabemos utilizar, es por ello que para la presente investigación se utilizará el Software ArcGIS, para realizar un análisis geoespacial y uso de los Sistema de Información Geográfica para el cálculo de los recursos de carbón, en la concesión minera Mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, después de obtener los resultados, será de gran apoyo a los administradores, para que puedan lograr y realizar buenas decisiones.

## **1.2 Delimitación de la investigación**

### **1.2.1 Delimitación espacial**

La investigación se realizó en el yacimiento de carbón que pertenece a la concesión minera Mi Grimaldina 1.

**Tabla 1. Ubicación geográfica**

DESCRIPCIÓN	LUGAR
Caserío	Piñipata
Distrito	Bambamarca
Provincia	Hualgayoc
Departamento	Cajamarca

Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Tabla 2. Ubicación geográfica**

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	
Altitud	2580 msnm
Latitud	06°40'43" sur
Longitud	78°31'27" oeste
Superficie	451.38 km <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia, 2017.

### **1.2.2 Delimitación social**

Se desarrolló para las operaciones del yacimiento de carbón que pertenece a la concesión minera Mi Grimaldina 1, principalmente para los socios de dicha empresa.

### **1.2.3 Delimitación temporal**

El proyecto de investigación se desarrolló desde el 08 de marzo hasta el 04 de agosto de 2017.

### **1.2.4 Delimitación conceptual**

Se trabajó en la investigación los temas de análisis geoespacial, uso de Sistemas de Información Geográfico, cálculo de recursos para la explotación minera, y software ARCGIS.

### **1.3 Problemas de investigación**

#### **1.3.1 Problema principal**

¿Cómo realizo la aplicación del Análisis Geoespacial y el uso de Sistemas de Información Geográfico para el cálculo de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017?

#### **1.3.2 Problema secundario**

¿Cuánto es el Cálculo de Recursos de Carbón con el Análisis Geoespacial mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfico en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017?

### **1.4 Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar un Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

Elaborar el Análisis Geoespacial mediante el uso de Sistemas de Información Geográfico para la Estimación de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.

Establecer el Análisis Geoespacial con el uso de los sistemas de Información Geográfica para el cálculo de recursos de carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.

## **1.5 Hipótesis y variables de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

El Análisis Geoespacial y el uso de Sistemas de Información Geográfico apoyarán el cálculo de recursos de carbón en la concesión minera Mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca, en el año 2017.

### **1.5.2. Hipótesis secundarios**

La elaboración del Análisis Geoespacial mediante el uso de Sistemas de Información Geográfico mejorará la Estimación de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.

Al establecer el Análisis Geoespacial con el uso de los sistemas de Información Geográfico se implementará para el cálculo de recursos de carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.

### **1.5.3. Variables (definición conceptual y operacional)**

#### **1 variable:**

Análisis Geoespacial y uso Sistemas de Información Geográfico.

#### **2 variable:**

Cálculo de Recursos de carbón

##### **a. Definición Conceptual**

#### **Análisis Geoespacial y uso Sistemas de Información Geográfico.**

Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, gestión, manipulación, análisis, modelado y visualización de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planeamiento y gestión.

#### **Cálculo de Recursos de carbón**

Cálculo de recursos de carbón el cual nos interesa estimar el tonelaje de todo el yacimiento, para saber cuánto será el tiempo de exploración.

## b. Definición operacional

**Tabla 3.** Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICA
<b>V. 1</b> Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico	Sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, gestión, manipulación, análisis, modelado y visualización de datos especialmente referenciados para resolver problemas complejos de planeamiento y gestión.	Software	Herramientas a utilizar  Elabora un informe.  Formula el modelo elegido.	Encuesta
		Hardware	Que cumpla con las características del software.	
		Información	Mostrar los resultados para la toma de decisiones	
<b>V.2.</b> Cálculo de recursos de Carbón	Cálculo de recursos de carbón, el cual nos interesa estimar el tonelaje de todo el yacimiento, para saber cuánto será el tiempo de exploración.	Método de Explotación en subterráneo	Alto de labor. Ancho de labor. Días, meses. Toneladas/ diarias. Toneladas al mes. Densidad del carbón. Ancho de pilar. Largo de manto a explotar. Ancho de manto a explotar. Explotación de cámaras verticales. Explotación de cámaras horizontales.	

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## 6.1 Metodología de la investigación

### 1.6.1 Tipo y nivel de investigación

#### a. Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo transversal, porque se tomaron los datos una sola vez y se contempló en su estado natural de la empresa minera y luego se analizó, en un momento determinado, para luego realizar los cálculos de los recursos de carbón.

## **b. Nivel de investigación**

En la presente investigación se realizó un nivel descriptivo, consistió en realizar una descripción de un Análisis Geoespacial y uso de sistemas de Información Geográfico para el cálculo de recursos de carbón.

### **1.6.2 Método y diseño de investigación**

#### **a. Método de la investigación**

El método que se aplicó en la presente investigación fue el inductivo, el cual está basado en el método científico porque se obtuvo conclusiones generales a partir de inferencias particulares, esto se describe, mejora y se aplica una propuesta a un hecho real, es decir en el análisis Geoespacial y uso de los Sistemas de Información geográfica para el cálculo de recursos de carbón.

#### **b. Diseño de la investigación**

El diseño fue no experimental porque se realizó, con la obtención de los datos del yacimiento minero Mi Grimaldina 1, tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos, es decir se realizará un análisis geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfica para el cálculo de recursos de carbón.

M\_\_\_\_\_O

**Dónde:**

**M:** Muestra

**O:** Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de recursos de carbón.

**1.6.3 Población y muestra de la investigación**

**a. Población**

Estuvo representada por el yacimiento de carbón que pertenece a la concesión minera Mi Grimaldina 1.

**b. Muestra**

Estuvo representada por el yacimiento de carbón en el año 2017 que pertenece a la concesión minera Mi Grimaldina 1.

**1.6.4 Técnicas e instrumentos de la recolección de datos**

**a. Técnicas**

En la presente investigación se trabajó con la entrevista, la cual permitió la comunicación directa con el encargado de la Concesión minera Mi Grimaldina 1, Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca.



## **b. Instrumentos**

Se aplicó una encuesta y fue directamente respondida por el Encargado de la Concesión minera Mi Grimaldina 1, Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca.

### **1.6.5 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación**

#### **a. Justificación**

Al realizar el presente trabajo de investigación se realizará una Aplicación del Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el cálculo de recursos de carbón en la concesión minera Mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca, en el año 2017. Se debe conocer que la empresa no tiene antecedentes de aplicación. El presente estudio servirá como base para futuras investigaciones o temas relacionados, permitiendo mejorar las prácticas de trabajo, ahorrando tiempo, creando y protegiendo el valor en las empresas mineras.

El propósito fue analizar los resultados para que se pueda obtener conclusiones y recomendaciones que sirvan de referencia para otros trabajos de investigación. Si bien es cierto, la investigación nos sirve para formular nuevas teorías.

La realización del presente estudio es viable pues la autora tiene acceso a la información de la empresa, se dispone de los recursos necesarios para el desarrollo del mismo. El tiempo aproximado que tomaría es de 5 meses. Finalmente, al concluir esta investigación la empresa tendrá una descripción clara como el uso de Sistemas de Información Geográfico, se puede estimar los cálculos de los

recursos de carbón en yacimientos mineros, que permitirá identificar para cuanto tiempo de explotación tendrá una empresa. Y así estimar en cuanto tiempo puede seguir con la explotación o incrementar el número de horas de trabajo o contratar más personal. De acuerdo a la toma de decisiones de los administradores, adicionalmente también se obtendrán datos que permitirán a otros investigadores tomarlo en cuenta para facilitar desarrollo de investigaciones del mismo tipo.

## **b. Importancia**

Nos permitió enfocarse en el análisis geoespacial y uso de sistemas de información geográfico para el cálculo de recursos de carbón y así lograr el apoyo de la toma de decisiones de la alta gerencia.

Al realizarse el análisis geoespacial y uso de sistemas de información geográfico para el cálculo de recursos de carbón en la concesión minera mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca, en el año 2017, servirá de apoyo a la alta gerencia y posibles estudiantes para elaborar y diseñar planes para el proceso de extracción.

Además, dará respuestas a las necesidades de un mundo competitivo y cada vez más exigente, y con el uso de sistemas de información geográfico, para la investigación se trabajará con el software ArcGis que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, para el cálculo de recursos de carbón. Hoy en día es la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGis lo utilizan las personas de todo el mundo y pone el conocimiento geográfico al servicio de los sectores especialmente en la educación,

además permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. Se encuentra disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como Smartphones y equipos de escritorio.

### **c. Limitaciones**

Para la tesis no se presentó dificultad alguna con respecto a las fuentes de información y el conocimiento con respecto a la concesión minera mi Grimaldina 1, en el cual motiva para la realización adecuada y desarrollo de la misma. Y a la vez tuve como fortaleza tener conocimientos previos del software ArcGIS.

Por otro lado, podría considerarse el tiempo y la disponibilidad de los encargados de la concesión Mi Grimaldina 1, para que me brinden la información necesaria de los datos de dicha empresa, para el análisis geoespacial y uso de los sistemas de información geográfico para el cálculo de los recursos de carbón.

## **CAPITULO II : MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del problema**

Velarde (2016), en su Tesis “Estimación de Reservas Minerales y Propuesta de Diseño Preliminar de Explotación del Bloque 2 del sector “X7” Mina Las Paralelas utilizando herramientas informáticas”. Muestra que la estimación de los recursos es una de las etapas más importantes para evaluar un depósito mineral, es un proceso que determina en gran medida el valor industrial y la viabilidad del proyecto, el mismo que requiere alto grado de precisión y responsabilidad. Por lo cual la presente investigación tiene como objetivo estimar las reservas mineras y proponer el diseño preliminar de explotación del Bloque 2 del Sector “X7” Mina Las Paralelas; utilizando herramientas informáticas (software RecMin), con la finalidad de contar con una mejor organización de los trabajos. La metodología empleada está dada por tres fases: F1; Caracterización y levantamiento de la línea base del proyecto, comprende datos como: ubicación geográfica del proyecto, topografía, geología el yacimiento (regional y local), mineralización y campaña de muestreo en la zona de estudio. F2; Modelamiento del cuerpo mineral y Categorización de las Reservas Minerales, corresponde a la creación de las secciones del cuerpo mineral para el modelamiento, y posteriormente realizar

un análisis de la distribución de los datos y determinación de la ley de Au en ese sector, luego se construye el semivariograma experimental para ajustarlo a un modelo teórico y se elabora el modelo numérico (pentaedros), estimación de las leyes y potencia de la veta, por último, se realiza el análisis y revisión de la estimación, para categorizar las reservas mineras. Fase III; Identificación de alternativas de explotación, Consiste en la identificación de métodos para la explotación del Bloque 2 del sector "X7" de la mina Las Paralelas en base a criterios técnicos que se ajusten a los parámetros y condiciones del depósito. Se considera la geometría del depósito, la distribución de las leyes y las condiciones geo mecánicas.

Concluye de manera general, que el software minero RecMin es una herramienta informática que se ajusta perfectamente a las necesidades de cualquier empresa minera de pequeña escala, ya que ofrece soluciones integrales a los problemas de incertidumbre del depósito mineral, mediante el modelamiento geológico y numérico de las estructuras mineralizadas, además es un software de dominio público lo cual no conlleva inversión económica por parte de la empresa, tan solo se recomienda la capacitación del personal técnico para su utilización.

Vega (2013), en su Tesis "Cálculo de reservas de la veta "Paraíso" mina Paraiso Distrito Ponce Enriquez". La presente investigación tiene como objetivo calcular las reservas de la veta "Paraíso" e incrementar el conocimiento geológico y su potencial minero tomado en cuenta los softwares especializados en estadística y geo estadística, que permiten una estimación más fiable y rápida.

La metodología empleada para la elaboración de esta tesis se dio es 3 fases; Fase I, se realizó la recopilación y análisis de la información existente en la empresa (base de datos de muestreo sistemáticos, topografía, informes técnicos, etc.); Fase II, corresponde al trabajo interior mina, se realizó un estudio geológico de la veta, se identificaron chimeneas, galerías y tajos que no hayan sido muestreados; con ello se tomaron muestras para su posterior

envío a laboratorio; Fase III, se realizó el procesamiento de datos . Finalmente se concluyó con toda la información existente en el departamento geológico y el tratamiento geométrico y geo estadística en el transcurso de la elaboración de esta tesis de grado la veta “Paraíso” considerada una estructura epi\_mesothermal de baja sulfuración, tiene 53817.15 TM de recurso mineral, con una ley media de 10.70 gr/TM, de los cuales 36579.05 TM corresponde a reservas de mena con una ley media de 10.67 gr/TM y una potencia media de 0.19m.

Gelover (2012), en su Tesis “Estimación de recursos y reservas con Datamine studio 3.0 del yacimiento Bismark. Su objetivo fundamental realizar una estimación de recursos y reservas de mineral para llevar a cabo una planeación más eficiente en el aprovechamiento del yacimiento “Bismark” aplicando el software Datamine Studio 3.0. La metodología empleada para el cálculo y clasificación de los recursos y reservas de mineral está regida bajo la normatividad internacional del código australiano para informar sobre recursos minerales y reservas de mena (el “Código JORC” ó el “Código”). Dicho código se utiliza para proporcionar información sobre recursos minerales y reservas de mena, éste establece estándares mínimos, recomendaciones y normas para la información pública de resultados de exploraciones, recursos minerales y reservas de mena en Australia. Se concluyó este trabajo con la aplicación del software Datamine Studio 3.0 para la estimación de y reservas del yacimiento Bismark y se realizó con ayuda del modelamiento tridimensional para calcular sus tonelajes y leyes, con el empleo de los parámetros geológicos y criterios geoestadístico interpolados por métodos de Kriging Ordinario y el inverso de la distancia al cuadrado. Para el recurso generado se totalizó; 10,525.879 tn de recurso mineral, donde: 22gr/tn(Ag), 0.27 (%)Pb, 6.27 (%) Zn y 0.29 %Cu. Para las reservas se totalizo; 6,549,213 Tn de reserva mineral, donde: 23(gr/tn) Ag; 0.23(%)Pb; 6.67 (%) Zn y 0.32 % Cu.

Ruiz (2015). En su Tesis “Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales”. Su objetivo es demostrar la viabilidad del análisis de datos de sondajes (muestras), para obtener un modelo geológico y luego un modelo numérico (Bloques) que nos permita cuantificar y categorizar los resultados en recursos y reservas minerales, de cualesquier deposito mineral, y la metodología que se empleo fue la utilización de las herramientas que ofrecen los softwares propuestos RecMin (software de modelamiento geológico y gestión de bloques) y SGeMS (software de Geoestadística) una vez habiendo hecho el estudio variográfico y realizada la estimación por método kriging, se decidió retornar los datos tratados en SGeMS (modelo de bloques) al software RecMin nuevamente, para aplicar el algoritmo de optimización y el diseño previo de la explotación. Llegando a la conclusión que los softwares son muy prácticos y didácticos de usar, no son tan complejos como los softwares comerciales, además el programa RecMin está en idioma español, así como también se puede gestionar eficientemente los datos de muestras de sondajes, y realizar las tareas previas a la estimación de recursos minerales. Se recomienda trabajar de una forma ordenada y disciplinada al momento de interactuar y manipular los datos que se trabajen con el software.

Pascual (2014), en su Tesis Cocientes Metálicos y Calculo de reservas minerales de la veta Cinthia -proyecto Minero Caracol S.A.C.-Barranca-Lima, su objetivo fue determinar las condiciones geológicas, evaluar los cocientes metálicos Au/Ag y Ag/Pb y cubicar los recursos y reservas en base a las labores de exploración y leyes obtenidas del muestreo. La metodología que se aplicó es descriptiva y explicativa, para dar a conocer el trabajo con un carácter de investigación del depósito mineral. En cuanto a los cocientes metálicos de Au/Ag se observa hasta 4 núcleos principales: uno ubicado al SE con un máximo valor de 0.239; el segundo en la parte central con un valor máximo de 0.349 y, un tercero ubicado al NW con máximo valor de 0.306 el último que está ubicado a NW con un valor 0.253. En el cociente metálico Au/Pb las

curvas de menor valor se encuentran entre las coordenadas 236,300E, 8809,100N y están en los niveles inferiores; mientras las curvas de valores altos se encuentran al SW de la estructura, en la parte central y hacia el NW. En el cálculo de reservas se ha tomado al mineral medido, aquel que se encuentra por encima de cut off y se le ha dividido en dos clases: mineral probado que nos da un tonelaje de 44,079.80 T.M.S. y mineral probable un tonelaje de 26,787.91 T.M.S. dándonos como resultado de 70,867.71 T.M.S. con leyes promedios 1.134onz de Au, 5,94onz. de Ag, 0.518% de Pb, de reserva de mineral probado. En cuanto al mineral inferido considerado como zona pobre se ha tomado al mineral posible en la cual el tonelaje y ley es una presunción razonable. Los resultados en este trabajo de investigación fueron: Las vetas exploradas y explotadas en la mina Caracol S.A.C son la veta Cinthia y veta Caracolito presentan una gran similitud en estructura y textura. De la veta Cinthia se ha realizado un muestreo de diferentes puntos de la estructura, para realizar un estudio petromineralógico. Genéticamente el deposito presenta mineralización económica de Au –Ag –Pb –Cu –Zn, que se han emplazado en condiciones moderadas de presión y temperatura, se clasifica el deposito mineral originado de un proceso mesotermal. Concluye de manera general que el presente cálculo de reservas comprende en forma detallada a la veta Cinthia, las reservas de mineral probado son 44079.8012 T.M.S., el mineral probable 26787.9114 T.M.S. y el mineral prospectivo es de 35193.426 T.M.S. con unas leyes de 35,275gr de Au, 5,944 oz de Ag y 0.518% de Pb.

Peterson (2014), en su Tesis “Evaluación y Clasificación de Recursos Minerales en la Veta Ramal Techo, Unidad de Ticlio, Volcán CÍA. Minera, Junín – Perú.”. Actualmente existen métodos estadísticos y geoestadístico que permiten estimar y clasificar los recursos, tomando como sustento una base de datos de muestras de interior mina, sondajes diamantinos para con esto generar modelos geológicos en 3D. Los programas mineros actuales facilitan los cálculos y generan cálculos de cubicación de alta precisión y exactitud, este es el caso de un modelo de bloques. Este método permite tener una



estimación de recursos más confiable para realizar una programación y planificación minera de explotación.

Alcántara (2015), en su Tesis “Caracterización Hidromorfométrica de la Microcuenca Puyllucana, Baños Del Inca, Cajamarca, mediante la aplicación de ArcGIS”. En la presente investigación tuvo como objetivo buscar con un enfoque geológico, mejorar la calidad de los datos al obtener la oferta hídrica del caudal en la microcuenca Puyllucana cuyo valor sea lo más cercano a la realidad, para lo cual con ayuda del software más completos y utilizado a nivel mundial, como es el ArcGIS se obtienen los parámetros morfométricos y haciendo una comparación entre el tradicional 2D y una nueva metodología a manera de propuesta en formato de relieve 3D. La metodología empleada para el estudio fue método descriptivo, correlaciona y causal. Incluyó la descripción por que describió las relaciones entre más de dos variables, el análisis y correlación entre los datos de campo y estudios e interpretaciones bibliográficas existentes. Se ha logrado establecer a manera de propuesta con el software ArcGIS, una secuencia de procesos en forma del relieve 3D para la delimitación de microcuencas y obtención de sus parámetros morfométricos, diferenciando una variación de los valores en 2D y en 3D que van desde 0.03% hasta un 15.23% debido un bajo relieve de la microcuenca (cuenca madura) y la variación del valor del caudal aportado en 2D y en 3D es del 4.23% que representa el porcentaje de error que se comete al no realizarlo de manera más cercana a la realidad, en relieve 3D. Finalmente, una de las recomendaciones es corroborar con otros software de la plataforma SIG, la variación de los datos morfométricos al obtenerlos éstos en forma 2D y en relieve 3D.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Descripción de la zona de estudio:**

La concesión minera Mi Grimaldina 1, pertenece a la empresa Carbojholay, dedicada a la extracción de carbón de piedra, se encuentra comprometida con el cumplimiento de la legislación vigente y con la responsabilidad de todos los trabajadores.

### **Misión y Visión de la Empresa CARBOJHOLAY**

#### **Misión**

Somos una empresa cajamarquina dedicada a la explotación de carbón cumpliendo estándares de seguridad, medio ambiente y responsabilidad social en nuestra zona de influencia, orientada a satisfacer la necesidad de nuestros clientes ofreciendo un producto de calidad bajo las especificaciones necesarias de cada uno de ellos.

#### **Visión.**

Ser la empresa minera líder en la extracción de carbón el mercado local con miras a exportar nuestro producto en mercados extranjeros, manteniendo estándares de seguridad y calidad en el producto y servicio ofrecido girando nuestro eje primordial de responsabilidad social en la comunidad donde nos desarrollamos.

**a. Ubicación geográfica de la zona de estudio:**

La concesión minera Mi Grimaldina 1, se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, la cual se localiza en el norte del país, presenta una superficie aproximada de 33,317.5 km<sup>2</sup>. Cajamarca limita por el norte, con la República de Ecuador; por el este, con el departamento de Amazonas; por el sur, con el departamento de La Libertad y por el oeste, con los departamentos de Piura y Lambayeque.

Asimismo, en un ámbito más específico la concesión está dentro del distrito de Bambamarca, la cual tiene las siguientes características geográficas:

**Tabla 4. Características Geográficas**

<b>Altitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Superficie</b>
2580 msnm	06°40'43" Sur.	78°31'27" Oeste.	451.38 Km <sup>2</sup>

El área de la concesión Mi Grimaldina 1 es de 28.02 hectáreas y está delimitada entre las siguientes coordenadas UTM (PSAD 56 - 17S):

**Tabla 5. Coordenadas**

<b>Vértice</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>
VNE	9 272 341.14	781 924.58
VSE	9 270 953.48	781 736.28
VSW	9 270 980.38	781 538.04
VNW	9 272 368.04	781 726.34

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Coordenadas que hacen referencia al cuadrángulo de Celendín Hoja 14 -g.



**Figura 1.** Ubicación Geográfica de la Concesión Mi Grimaldina 1.

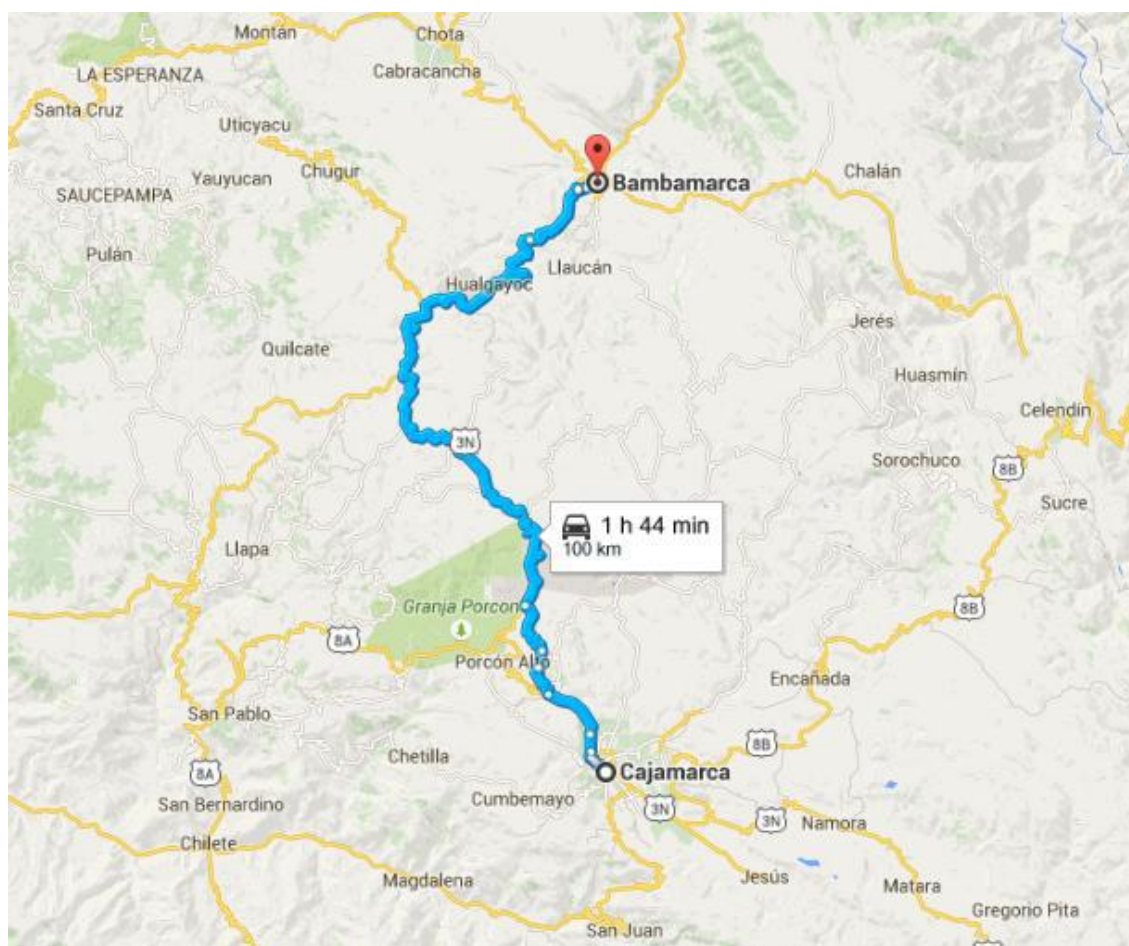
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### **b. Accesibilidad**

Se realiza mediante tramos; el primer tramo inicia en la ciudad de Cajamarca hasta la ciudad de Bambamarca.

- **Tramo Cajamarca – Bambamarca:**

Por la carretera Cajamarca – Bambamarca, la cual es asfaltada y afirmada cada cierto tramo; tiene 100 Km de longitud y el viaje dura 1 hora 44 minutos.



**Figura 2.** Primer Tramo Cajamarca - Bambamarca  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

- **Carretera Cajamarca – Bambamarca**

Trocha Carrozable Bambamarca - La Paccha: Hasta el km. 15  
Caserío Piñipata.

**Tabla 6.** *Distancia de la ruta de transporte Cajamarca-Piñipata*

<b>Rutas</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Vías terrestres</b>	<b>Tiempos</b>
Cajamarca-Bambamarca	100	Carretera asfaltada y Afirmada	1 hora 44 minutos
Bambamarca - Piñipata	16	Trocha Carrozable	1 hora
<b>TOTAL</b>	116		2 horas 44 minutos

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

- c. Descripción del medio biológico de la zona de estudio:** La zona de estudio presenta dentro de los recursos de flora y fauna presenta lo siguiente:

**La flora natural:** Entre otras particularidades de su flora están:

- La flora de orillas de los ríos, acequias, contorno de chacras o en los cercos, constituida por especies arbóreas, arbustivas o herbáceas como alisos, lanche, molle, sauce, carrizo, pájaro bobo, quinual, cola de caballo, helechos, ortiga, carhuacasha, pencas, etc.
- La flora herbácea alto andina, donde prima el ichu, margaras, lirios y otras hierbas pequeñas: bien cilíndricas y puntas espinosas o pequeñas hojas acorazonadas o partidas.
- La flora herbácea de terrenos cultivados, como: cadillo, ballico, verbena, achicoria, malva, nudillo, grama, etc.
- La flora arbustiva alto andina como quinual, hualangos, chilcos, etc.

**La fauna natural:** También la fauna es variada, pero escasa, con peligro de extinción en algunas especies como venados y peces, entre otras, debido a la contaminación de las aguas y caza descontrolada, así como la deforestación. Las especies son parecidas a la de las provincias de la región Quichua, Jalca y Puna.

#### **d. Descripción de la actividad**

El método de explotación es subterráneo en la concesión minera Mi Grimaldina 1, la explotación de carbón antracita se realiza mediante cámaras y pilares que es también conocido como “room and pillar” donde el mineral es excavado la mayor parte del yacimiento minable. El mineral se extrae en la mayor cantidad posible, ajustándose a las dimensiones de las cámaras y pilares de acuerdo a las condiciones técnicas que se establezcan en el plan de minado.

Este método consiste en la extracción del mineral dejando pilares de carbón con el fin de sostener el techo. Se forman los pilares de proyección que sirven de soporte natural en la explotación. Las cámaras se hacen anchas como la seguridad lo permita, cuya limitación depende de las características y propiedades de resistividad de las rocas del techo, del piso y del mismo carbón.

El carbón que se queda en los pilares puede recuperarse parcialmente en la última fase de la explotación, pero se considera una actividad riesgos si las explotaciones son muy superficiales o el hundimiento del techo afecta frentes adyacentes o estructuras en superficie. Por su naturaleza, la extracción por cámaras y pilares se aplica idealmente en la<sup>23</sup>

explotación de yacimiento en mantos, con capas horizontales o con un buzamiento moderado (entre 13 y 30°).

El arranque del carbón se realiza en forma manual, a picos, combas, puntas y palas, o eventualmente con cortadoras eléctricas; se comienza en la parte superior de la bocamina descendiendo hasta llegar a las galerías principales, dejando así, cámaras de mayor ancho posible.

### **2.2.2 Análisis geoespacial y uso de sistemas de información geográfico**

- a. **Análisis geoespacial:** Es un conjunto de actividades que tienen como objetivo la explotación y análisis de imágenes (aéreas o de satélite) e información geoespacial que describe, valora, y representa visualmente las características físicas y geográficamente referencia las actividades en la Tierra. (Cabrejos, 2016)

#### **- Modelamiento geoespacial**

Cabrejos (2016), define como la función de cualquier programa informático para ejecutar un conjunto de instrucciones, escritas en un lenguaje formal capaces de manipular símbolos que representan algún tipo de situación del mundo real; en el caso de un SIG, los objetos y variables espaciales. Un buen ejemplo de esto es el de las curvas de nivel cortadas para insertar el texto que describe su altitud.



**Tipos:** existen los siguientes tipos de modelos:

**Realidad Perceptible:** Montañas, lagos, campos de cultivo, etc. Nivel propio de los gestores preocupados por problemas de gestión y planificación del espacio.

**Modelo Conceptual:** A nivel de científicos (geógrafos, geólogos, ecólogos, etc.) que desarrollan, verifican o aplican teorías e hipótesis sobre variables y procesos que tienen lugar en el espacio. Estos consideran la existencia de dos tipos fundamentales de elementos sobre la superficie terrestre: entidades y variables. Deben ser capaces de tomar un problema abstracto del nivel anterior y determinar las variables implicadas en su resolución.

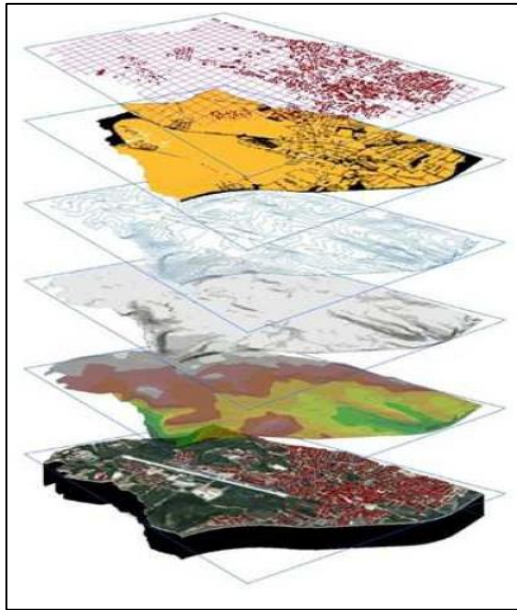
**Modelo Lógico:** A nivel de los técnicos en SIG que utilizan las herramientas del sistema para llevar a cabo, en la computadora, las tareas requeridas por gestores o científicos. En lugar de trabajar con la realidad trabajan con representaciones de la misma que suelen ser de dos tipos: Raster y vectorial. Deben decidir cuál es la más adecuada para representar las variables obtenidas en el desarrollo del modelo conceptual y cuáles son los procedimientos más adecuados para obtenerla con los datos de partida disponibles.

- b. Sistemas de información geográfico:** Un Sistema de Información Geográfico (SIG), es un sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación". (Lucioni, 2014)

Según Rebufello (2012), un SIG viene a ser un conjunto de herramientas, cuyo objetivo es obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real. El cual tiene los siguientes componentes: Personal capacitado para el manejo de las herramientas de SIG, que consiste en una estructura funcional y organización del personal para la ejecución de actividades, Información geográfica, Normas, procedimientos y metodologías, Programas de cómputo, y equipo.

Según el Instituto Nacional de estadística y Geografía (2014), definen como un conjunto de software, hardware, datos geográficos y personal capacitado, los cuales están organizados para capturar, almacenar, analizar, consultar y presentar todo tipo de información que presente una referencia geográfica. Además, también un SIG es una base de datos espacial.

Según Pineda(2012), el SIG es un conjunto de sistemas computacionales, datos geográficos, y recursos o capital humano que conoce una metodología, que tiene la capacidad de capturar, almacenar, procesar, y presentar en todas sus formas información especial debidamente referenciada para diferentes propósitos. Permite al usuario integrar y manipular información desde un equipo de cómputo sobreponiendo y relacionando mapas con datos alfanuméricos y espaciales referidos a diferentes temas, pero con un fin en común, dar soluciones a un problema haciendo uso de una información geográfica. Los mapas temáticos que pueden integrar un sistema de información geográfica.



**Figura 3.** Sistema de Información Geográfico.  
**Fuente:** Pineda, 2012.

### - Aplicaciones SIG

Pineda (2012), muestra lo siguiente:

Implementación de planos cartográficos digitales.

Utilización de las características demográficas y su distribución en el espacio para tomar mejores decisiones.

Aplicado al manejo forestal y al estudio de la biodiversidad. Se utiliza para ayudar a proteger el medio ambiente, también se puede utilizar para producir mapas, inventarios de especies, medidas de impacto ambiental, caracterización de escenarios entre otras.

Ayuda en el monitoreo de la rotación de cultivos proyección de pérdida de suelos y manejo de sistemas de irrigación y en los últimos años se están utilizando imágenes de satélite para inventariar y monitorear los cultivos lo cual permite

hacer un análisis de crecimiento de producción o en su defecto realizar predicciones de demanda y abastecimiento, conflictos en el uso del suelo entre muchas otras aplicaciones.

Ayuda a visualizar tridimensionalmente las estructuras, la geomorfología el comportamiento de la distribución de depósitos.

Se usa para estudiar los sistemas de drenaje, evaluar las fugas de agua, visualizar cuencas hidrográficas entre otras muchas aplicaciones.

- **Formatos de almacenamiento de datos espaciales:**

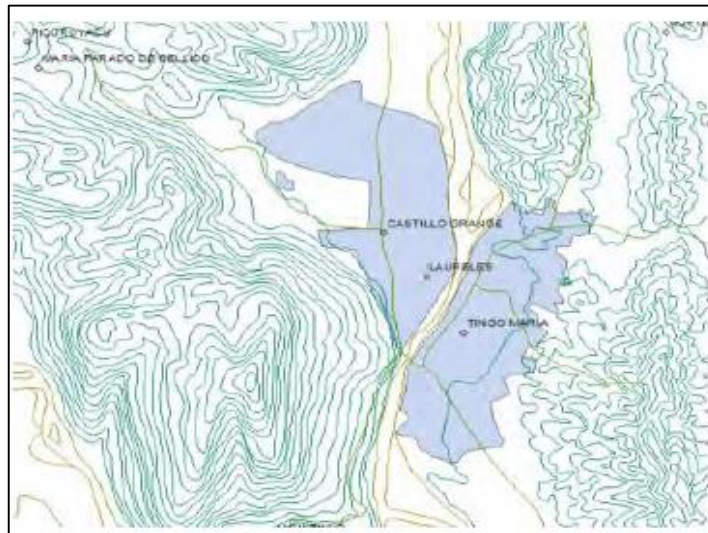
Según Puerta, Rengifo & Bravo (2011), presentan dos tipos de formatos:

**Formato raster:** captura la información mediante estos medios: scanners, satélite, fotografía aérea, cámaras de video, etc. Son fotografías, imágenes digitales que son capturadas por satélites o información digital de un mapa. Trabaja con celdas de igual tamaño que poseen un valor; el tamaño de la celda define el nivel de detalle de la información. Además, representa fenómenos tridimensionales geográficos que varían continuamente en el espacio; como son la pendiente del terreno, altitud o precipitación.



**Figura 4.** Formato raster  
**Fuente:** Puerta, Rengifo & Bravo, 2011.

**Formato vectorial:** El formato vectorial (shape) puede ser creado a partir de fuentes de información espacial ya existente, o también pueden ser generados desde el software ArcGIS, donde podemos añadir elementos.



**Figura 5.** Formato vectorial  
**Fuente:** Puerta, Rengifo & Bravo, 2011.

## - Componentes de un SIG:

Fernández (2014), los sistemas de información geográfica están conformados por 5 componentes o elementos principales:

**Hardware:** Es el equipo con el que opera un SIG, el soporte físico. Actualmente estos pueden ser ejecutados tanto desde clientes-servidor hasta ordenadores personales aislados.

**Software:** Son los programas, los cuales poseen las herramientas y funciones necesarias para almacenar, analizar y generar la información geográfica.

**Datos:** Es el componente más importante de un SIG. Lo forman tanto los datos geográficos como alfanuméricos (se encuentran en la tabla asociada a la base gráfica. La misma está compuesta por campos (columnas) y registros (filas)) y pueden ser obtenidos en campo, a través de otros SIG o a través de otras plataformas.

**Recursos humanos:** Está relacionado con las personas que cuentan con los conocimientos necesarios en sistemas de información geográfica que se encargan de administrar el SIG, de desarrollar un proyecto, entre los que se encuentran analistas, desarrolladores, administradores, programadores, y usuarios.

**Métodos:** son los procedimientos, planes y reglas a seguir para el desarrollo y funcionamiento del SIG.

**- Importancia de un Sistema de Información Geográfico:**

Haciendo uso de un sistema de información geográfica es posible hacer una simulación de escenarios de algún evento bajo circunstancias particulares, también se puede simular escenarios deseados o no, en el caso más desfavorable disponer de la información para poder reaccionar con tiempo ante un desastre. Los SIG son importantes ya que tienen la capacidad de integrar información espacial, manipular y desplegar datos, además de visualizar y analizar los datos con base en las relaciones y proximidades geográficas, de tal manera que la información recopilada sea accesible para los usuarios.

**- Ventajas y desventajas**

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía Presentan:

**Tabla 7. Ventajas y desventajas de un SIG**

Ventajas	Desventajas
Gran capacidad de almacenamiento y niveles de datos.	Sus costos son elevados para adquirir y para su mantenimiento.
Almacenamiento de datos en forma separada.	Dificultad en la captura de datos (conversión analógica- digital) y en la transferencia (incompatibilidades).
Ayuda en la capacidad de manejo, edición y actualización.	Tener los cuadros especializados mediante la operación en el ámbito digital.
La operación se realiza con mayor rapidez.	Muestra las faltas de información digital.
Tiene la capacidad de establecer una relación coherente y hace uso de datos espaciales y sus atributos.	
Ayuda en el análisis e implementación de los modelos de aplicación.	

**Fuente:** Gelover,2012.

### 2.2.3 Cálculo de recursos

#### a. Concepto

Godoy (2009) define como el Recurso Minero es una concentración u ocurrencia de material natural, sólido, inorgánico, u orgánico fosilizado terrestre de tal forma, cantidad, y calidad que existe una razonable apreciación acerca de su potencial técnico-económico. La localización, tonelajes, contenidos, características geológicas, y el grado de continuidad de la mineralización es estimada, conocida, o interpretada a partir de específicas evidencias geológicas, metalúrgicas, y tecnológicas. El término Recurso Minero cubre mineralizaciones y materiales naturales de interés económico intrínseco los cuales han sido identificados y estimados a través de actividades de exploración, reconocimiento, y muestreo. De acuerdo al grado de confiabilidad existente, los recursos se clasifican en Medidos, Indicados, e Inferidos,

#### b. Clases:

- **Recurso de mineral:** Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Los Recursos Minerales se subdividen, en orden ascendente de la confianza geológica, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.
- **Recurso Mineral Inferido:** Es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido



de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume, pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta.

- **Recurso Mineral Indicado.** Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como pueden ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar la continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad.
  
  - **Recurso Mineral Medido.** Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada e información confiable sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de la ley.
- c. Reserva Mineral.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones

apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de modificaciones por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales (García, 2013).

- **Reserva Mineral Probable.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material.
- **Reserva Mineral Probada.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material.

**d. Métodos computarizados:**

Según Tituana (2014), presenta:

- **Métodos estadísticos:** este método requiere de una base de datos obtenidos de campo, estos datos están clasificados y registrados, están constituidos por datos de carácter geológico (delimitación y morfología), muestreo y determinación mineralógica (ley, volumen y tonelaje).
- **Métodos geo estadístico:** para este método se debe utilizar equipos de cálculos más sofisticados (computadoras y equipo periférico) y personal técnico altamente calificado.

## e. Informe Técnico de una Estimación de Recursos

**Tabla 8.** Informe técnico de una estimación de recursos

<b>Integridad de datos</b>	Las medidas tomadas para asegurar la calidad de los datos, la transferencia de valores, la entrada de datos al computador. Los criterios de validación.
<b>Interpretación geológica</b>	El grado de confianza o incertidumbre en la interpretación geológica del depósito minero. El efecto de interpretaciones alternativas en la estimación del recurso. El uso de la geología en guiar o controlar la estimación del recurso.
<b>Dimensiones</b>	La extensión y variabilidad del recurso minero expresado en su longitud, ancho, y espesor piso- techo del recurso minero.
<b>Estimación y técnicas de Modelamiento</b>	La naturaleza y adecuación de las técnicas de estimación aplicadas y suposiciones relevantes incluyendo el tratamiento de datos de leyes extremas dominios mineralizados, parámetros de interpolación, distancia máxima de extrapolación en base a los datos disponibles. La disponibilidad de estimadores chequeados, estimadores previos y/o registros de producción minera y la indicación si la estimación toma debida cuenta de tales datos. Cualquiera suposición detrás del modelo de las unidades de selectividad minera.
<b>Parámetros de leyes de corte</b>	La base de las leyes de corte adoptados o calidad de los parámetros aplicados.
<b>Parámetros mineros</b>	Las suposiciones hechas en relación a los posibles métodos de explotación, diseños mineros básicos, y criterios de dilución (internos/externos). Es difícil quizás hacer suposiciones de la explotación a nivel del recurso minero. Se requiere explicitar el caso en que esto no es posible.
<b>Factores de tonelaje densidades in- situ)</b>	Si son suposiciones, las bases de ellas. Si son determinaciones, el método usado, la frecuencia de esas medidas, la naturaleza, tamaño, y representatividad de las muestras.
<b>Categorización</b>	Las bases para la categorización de recursos mineros en varias categorías de confianza. Toma de datos de factores relevantes ejm. Confianza relativa en los Cálculos tonelaje/ley, confianza en la continuidad geológica y de los contenidos en metal, calidad, cantidad, y distribución de los datos.
<b>Discusión de la exactitud/ confianza relativa</b>	La exactitud/ confianza relativa de la estimación del recurso minero usando una aproximación o procedimiento considerado apropiado por la persona competente calificada.

Fuente: Godoy ,2009.

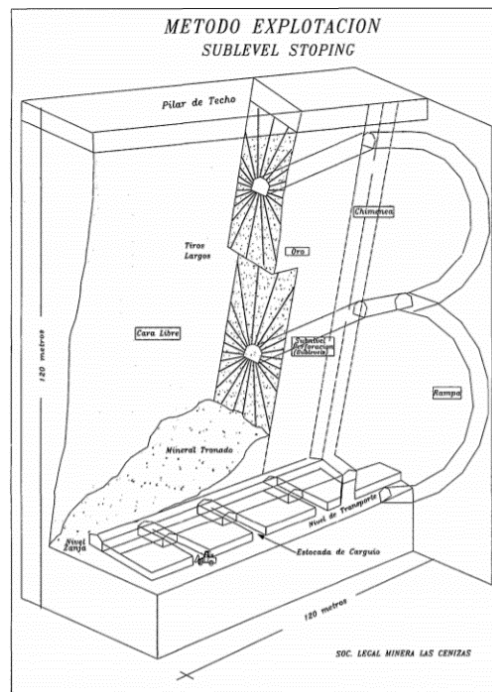
## f. Métodos de explotación subterránea

Según Gonzales & Velásquez (2012), presenta el siguiente método:

### **Métodos de explotación por subniveles (Sublevel stoping)**

Es un método de minado de alta producción que se aplica a cuerpos o vetas extensas, de buzamientos casi verticales y geometría regular, que poseen rocas encajonante competentes y resistentes que requieren esporádicos o ningún soporte.

En cuanto a costos es mucho más bajo que los demás, además cuenta con una mejor garantía y mayor seguridad. En cuanto a la perforación de sus taladros es ejecutada con máquinas perforadoras de taladros largos.



**Figura 6.** Explotación por sub-niveles  
**Fuente:** Gonzales & Velásquez, 2012.

## **Ventajas**

Es muy manejable en cuanto a la mecanización, por lo cual los tajeos son muy eficientes, llegando a 110 toneladas/hombre guardia en grandes tajeos.

Posee de un moderado a muy alto nivel ritmo de producción >25000 tn/mes

Este método es seguro.

En cuanto a la recuperación del mineral es alta, superior al 90%, que incluye la recuperación del pilar.

La dilución es generablemente baja < 20% para la mayoría de las operaciones.

## **Desventajas**

El método no es selectivo, y requiere que la mayor parte del cuerpo sea mineral

El método llega a ser muy ineficiente en bajas pendientes donde se puede esperar que la dilución aumente.

Durante la voladura se puede generar humos dentro de los tajeos.

## **Método corte y relleno ascendente**

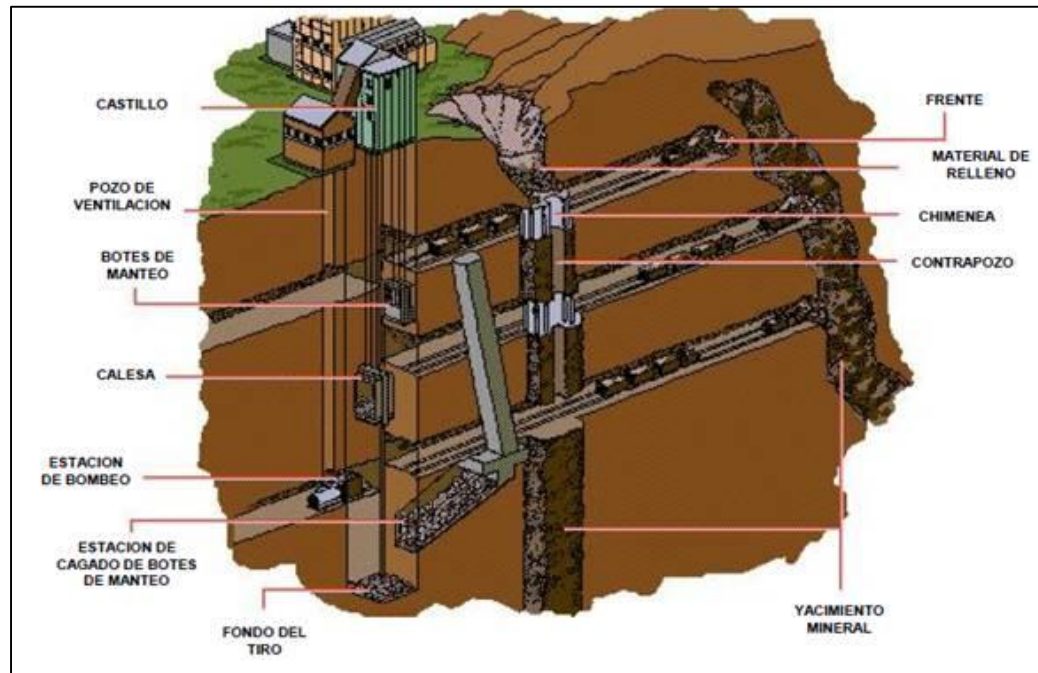
Camacho y Cáceres (2013), es un método ascendente, donde el mineral es arrancado por franjas horizontales y/o verticales, iniciando el minado en la parte inferior del tajo y avanzando verticalmente. Una vez que se extrae la franja completa, se rellena el volumen correspondiente con material estéril (relleno), que sirve como piso de trabajo para los obreros y a la vez permite sostener las paredes del tajo y en algunos casos especiales al techo.

Es aplicable en depósitos que cuenten con las siguientes características:

Buzamiento superior a los 50° de inclinación.

Características físico-mecánicas del mineral y roca de caja relativamente mala (roca incompetente).

Potencia moderada.

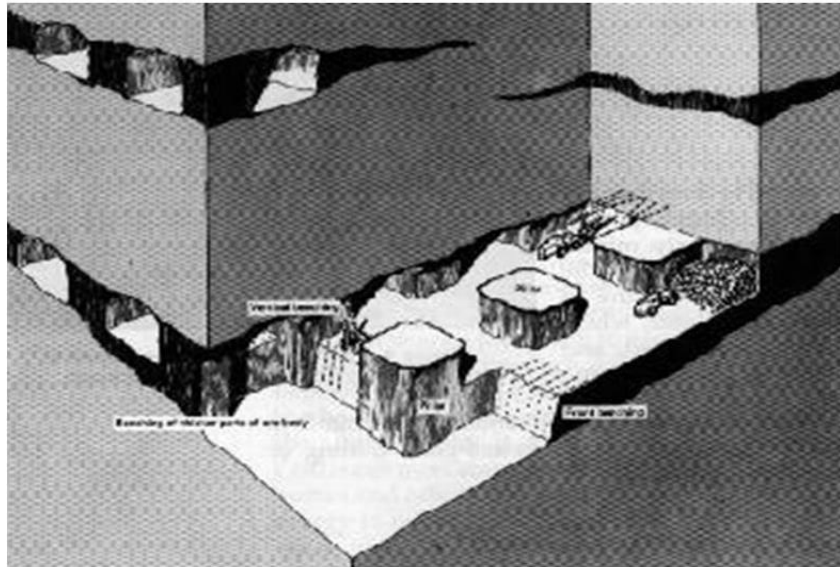


**Figura 7.** Explotación de corte y relleno ascendente.  
**Fuente:** Camacho y Cáceres,2013.

### **Métodos por cámara y pilares**

Según Raúl (2015), es un método de explotación subterráneo el cual el minado avanza en superficie horizontal o sobre una pequeña gradiente.

Se desarrolla abriendo diversos tajeos o cámaras, dejando zonas intactas que sirven como pilares para sostener la carga vertical. Desde que la dirección de la excavación está en un nivel donde el mineral no fluye por gravedad, por consiguiente: el material debe ser cargado en la cámara donde sea extraído y transportado a un punto donde pueda fluir ya sea por gravedad o por medios mecánicos, a un punto de reunión central para ser extraído.



**Figura 8.** Explotación por cámaras y pilares.  
**Fuente:** Raúl, 2015.



**Figura 9.** Ejemplo de Explotación por cámaras y pilares.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En este método el minado se avanza en forma horizontal o también sobre una gradiente pequeña, donde se abren múltiples tajeos o cámaras, dejando zonas intactas que sirven



de pilares además actúan como soporte del techo con el fin de mantener la estabilidad. Estos pilares y caserones se diseñan con el fin de maximizar la recuperación del mineral.

La recuperación de los pilares se puede realizar de varias maneras:

Recuperación con hundimiento controlado del techo.

Recuperación de Pilares en forma alternada.

Recuperación parcial de pilares.

**Factor económico del método:** El factor primordial de este método es el tamaño de los pilares y la distancia que debe haber entre ellas, esto depende de:

Estabilidad de la caja techo.

Estabilidad del mineral.

Potencia del yacimiento.

Presión de la roca suprayacente.

Discontinuidades geológicas como fallas, pliegues, etc.

Forma y tamaño del pilar.

**Consideraciones para su aplicación:** Se aplica en las siguientes condiciones:

En cuerpos con buzamiento horizontal  $< 30^\circ$ .

El mineral y la roca encajonante deben ser relativamente competente.

En depósitos de gran potencia y área extensa.

En caso de que el terreno sea bueno se explota con cámaras de mayor dimensión y si el terreno es malo se debe dejar pilares de mayor dimensión.

Se aplica en yacimientos tabulares como son: pizarras cupríferas, yacimientos de hierro, carbón, potasio, y otros.

**Ventilación:** Compleja debido al tamaño de los caserones, el flujo de aire se regula a través de puertas de madera o metálicas, el flujo promedio debe ser del orden de 30-40 m/min y en las frentes de 120-140 m/min.

### **Ventajas**

Este método puede ser selectivo, es decir las zonas más pobres pueden o no explotarse sin afectar.

Permite la explotación sin problemas de cuerpos mineralizados ubicados paralelamente y separados por zonas de estériles.

La recuperación del yacimiento puede llegarse a recuperaciones satisfactorias del orden del 80 a 90 %.

Alta seguridad del personal y equipos.

Bajos niveles de vibración.

Fragmentación generalmente buena.

### **Desventajas**

Si el yacimiento posee una mineralización muy irregular, dificulta el trabajo en la etapa de la explotación, planificación de método, perforación y carguío.

Dilución de la ley.

Necesidad de una ventilación secundaria.

Al finalizar la extracción puede desprenderse roca de los hastiales que produce un aumento de la dilución.

## **g. Carbón**

### **- Definición**

Según Paez (2013), es una roca sedimentaria de color negro, muy rico en carbono, que es utilizada como combustible fósil, además, el carbón se origina mediante la descomposición de vegetales terrestres, hojas, madera, cortezas, que se acumulan en zonas pantanosas de poca profundidad.

El carbón casi siempre se encuentra a grandes profundidades en el subsuelo, en forma de filones o capas, por tal motivo la

extracción se realiza por sistema de pozos y galerías subterráneas.

#### - **Características**

Paez (2013), presenta las siguientes características:

**Abundante:** Las reservas de carbón son extensas y están presentes en muchos países; en la actualidad el carbón se explota en más de 50 países.

**Seguro:** El carbón es estable y por tanto es el combustible fósil más seguro desde los puntos de vista de su transporte, almacenamiento y utilización.

**Suministro Garantizado:** La abundancia de las reservas significa que a los usuarios de carbón se les puede garantizar la seguridad de los suministros del recurso y ello a su vez, a precios competitivos, asegura el suministro de la electricidad necesaria para los usos industriales y domésticos.

**Limpio:** Usando tecnologías disponibles, puede ahora quemarse el carbón limpiamente en todo el mundo.

**Económico:** A nivel mundial, el carbón es un combustible competitivo para la generación de electricidad, sin la cual la vida en el mundo moderno sería virtualmente imposible. Es la principal fuente de energía para la generación eléctrica en el mundo entero.

## - Tipos

**Turba:** Es el de peor calidad y por tanto el que menos proporción de carbono tiene (apenas el 55%). Es el primer carbón que se forma tiene un color verde parduzco y el en momento de su extracción todavía contiene mucha agua, por eso debe ser secado antes de usarse como combustible.

**Lignito:** Cuando la turba se va comprimiendo se va formando el lignito. Es de color negro y suele tener una textura similar a la de la madera de la que procede. Tiene un porcentaje en carbono entre el 60% y el 75%. Es un combustible de calidad media. Se usa como combustible para generar electricidad.

**Hulla:** La hulla contiene entre el 75% y el 85% en carbono y es duro, negro, opaco y graso. Se forma cuando se comprimen las capas de lignito en la era primaria y es el tipo de carbón más abundante y el llamado carbón de piedra más utilizado. Posee un alto poder calorífico y es por eso que se utiliza principalmente para las Centrales Térmicas en la producción de electricidad. También se usa para producir carbón de coque usado en los altos hornos. La elaboración de coque genera a su vez muchos derivados que se utilizan en la industria química; benceno, naftaleno, fenoles cresoles etc.

**Antracita:** Procede de la transformación de la hulla. Es el mejor de todos los tipos de carbones con un porcentaje en carbono que puede llegar incluso al 95%. Es el menos contaminante (desprende poco humo) y el que tiene mayor poder calorífico. Es negro, brillante y muy duro (difícil de rayar). Se usa en las calderas de calefacción para las viviendas y para generar electricidad, pero

debido a su coste está siendo desplazado por el gas natural. Su uso principal hoy en día es para producir coque.

#### - Usos del carbón

El carbón tiene usos muy importantes como la generación de energía eléctrica, la fabricación de acero y cemento y los procesos industriales de calentamiento. Aspectos para resaltar de los usos del Carbón:

Provee actualmente cerca del 40% de la electricidad producida mundialmente.

El 70% de la producción de acero proviene de hierro hecho en altos hornos que utilizan carbón y coque.

El carbón bituminoso mediante un proceso de destilación queda un carbón de excelente calidad el cual se denomina COQUE.

Los carbones subbituminosos no se pueden transformar en coque, pero se pueden utilizar en las centrales carboeléctricas.

La turba se utiliza desde hace siglos como combustible para fuegos abiertos, y más recientemente se han fabricado briquetas de turba y lignito para quemarlas en hornos.

## **h. Software ArcGIS**

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar Sistemas de Información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.

También Cañar (2013), define como una herramienta nos permite recopilar, genera y gestionar el flujo de trabajo tanto a nivel de capas como de base de datos geoespaciales. Está compuesta por tres aplicaciones que se pueden utilizar para la visualización y representación cartográfica, además cuenta con la ventana Catalogo (ArcToolbox) lo cual se utiliza para organizar y administrar diversos tipos de información.

### **- Características**

Según Bremes (2016), enuncia las características:

Realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de datos.

Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema.

Realizar pruebas analíticas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial.

Comparar eficazmente los datos espaciales a través del tiempo (análisis temporal).

Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos.

Integrar en el futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante y que esté relacionada con la base de datos nativa u original.

#### - Componentes

Con el Software ArcGIS se puede mostrar mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas con calidad de presentación.

ArcGIS se compone de tres aplicaciones que están incluidas en ArcInfo, ArcEditor y ArcView, las cuales son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Pineda, 2012).

Se describe cada una de ellas:

**ArcInfo:** Es el producto más avanzado y funcional de ArcGIS, contiene todo el potencial que puede dar ArcView y ArcEditor, dispone de funcionalidades de conversión de datos a otros formatos y sistemas de proyección, así como toda la



funcionalidad aportada por el entorno de comandos de ArcInfo Workstation (Pineda, 2012)

**ArcEditor:** Está diseñado principalmente para crear y editar geodatabases. Se puede crear y modificar bases de datos y esquemas de bases de datos para ficheros shape, coberturas, geodatabases personales, y corporativas o multiusuario; así como la posibilidad de implementar topología basada en reglas. (Pineda, 2012)

**ArcView:** Tiene funciones básicas de visualización, análisis y consulta de datos, así como la capacidad de crear y editar datos geográficos y alfanuméricos. Asimismo, contiene ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Pineda, 2012)

**ArcMap:** Realiza mapas a partir de capas o datos espaciales, elegir colores y simbología, consultar a las bases de datos, analizar relaciones espaciales y diseñar mapas o salidas impresas. (Pineda, 2012)

**ArcCatalog:** Permite manipular y acceder la información geográfica de un modo fácil. Se puede agregar las conexiones de la información geográfica con que se está trabajando al Catálogo; también, se pueden conectar las carpetas con los discos locales y compartir carpetas y bases de datos que están disponibles en la red de trabajo. (Pineda, 2012)

**ArcToolbox:** Permite convertir los datos espaciales de un formato a otro, así como introducir un sistema de referencia o cambiar proyecciones de los datos. Las herramientas se encuentran organizadas temáticamente y mediante el empleo

de intuitivos asistentes, permiten realizar dichas funciones de forma sencilla e inmediata; su poder radica en funciones para análisis espacial (Pineda, 2012)

#### - **Aplicaciones para todo el mundo**

Las aplicaciones de ArcGIS incrementan tu efectividad y eficiencia, sea cual sea tu objetivo. Están diseñadas para guiarte a través de tareas específicas y conseguir realizar tu trabajo con facilidad y con el máximo beneficio posible. Son espacialmente inteligentes. Están listas para trabajar a tus órdenes, exigen muy pocas tareas de configuración, o ninguna, y se pueden usar con o sin una conexión a Internet.

**Mapas listos para usar:** ArcGIS incluye Living Atlas of the World, que consta de mapas y datos acreditados sobre miles de temas. Ve más allá de los mapas base y las imágenes y explora mapas sobre personas y empresas, paisajes, clima, transporte y mucho más.

**Visualización:** Con ArcGIS, puedes visualizar grandes cantidades de datos y muestra información de un modo que es más eficaz que meras palabras. Compartir tu información visualmente con un mapa facilita que otros usuarios capten tus ideas. Da vida a tus datos con ArcGIS y cuenta las historias que deseas contar.

**Análisis:** Nuestro mundo está lleno de datos, desde las redes sociales a datos de satélite. ¿Cómo haces para entenderlos todos? Los análisis espaciales te permiten identificar y

cuantificar las implicaciones, consecuencias y el impacto de tus decisiones.

**Administración:** ArcGIS incluye todo lo que necesitas para controlar y administrar personas y contenidos. Desde la asignación de roles personalizados y privilegios hasta la gestión de licencias y contenidos para visualizar el estado de tu sistema. Las herramientas de administración permiten utilizar ArcGIS con confianza, ofreciendo a los usuarios aquello que necesitan para desempeñar su trabajo.

## - **Ventajas**

Gutiérrez (2011), señala las siguientes ventajas:

**Reunir información geográfica:** ArcGIS permite sintetizar datos de diversas fuentes en una misma vista geográfica unificada. Estas fuentes de datos incluyen información de bases de datos geográficas, datos tabulares de sistemas de administración de bases de datos (DBMS) y otros sistemas empresariales, archivos, hojas de cálculo, fuentes en directo de sensores, imágenes aéreas y de satélite, etc.

**Crear y administrar bases de datos geográficas:** Una base de datos geográfica hace posible que la información geográfica se almacene en un formato estructurado que simplifica la administración, la actualización, la reutilización y el uso compartido de los datos.

**Resolver problemas con el análisis espacial:** El análisis espacial es uno de los aspectos más interesantes y destacables de SIG. El objetivo que persigue es derivar nueva información de los datos existentes para permitir una mejor toma de decisiones.

**Crear aplicaciones basadas en mapas:** Al crear aplicaciones, los mapas, los datos, las herramientas y la experiencia de ArcGIS se convierten en productos de información que cualquiera puede usar.

#### - Desventajas

Gutiérrez (2011), presenta las siguientes ventajas:

Costos y problemas técnicos para convertir datos analógicos en formato digital.

Necesita de especialistas para mantener datos en forma digital en computadoras.

Falso sentimiento de una mayor confiabilidad y precisión.

Alto costo de adquisición de equipos y programas necesarios.

### 2.3 Definición de términos básicos

**Análisis:** consiste en identificar los componentes de un todo, separarlos y examinarlos para lograr acceder a sus principios más elementales.

**Carbón:** Se llama carbón a una sustancia fósil resultante del proceso de descomposición de un material leñoso. El carbón, que se emplea como combustible, es un recurso no renovable: no se puede regenerar o producir para sostener su consumo.

**Estimación:** Procedimiento estadístico en el cual se utilizan muestras de datos al azar para asignar un valor probable a una cantidad desconocida.

**Geoespacial:** Perteneciente o relativo a una ubicación geográfica, especialmente datos. Describiendo la combinación de software espacial y datos geográficos.

**Geología:** Proviene de dos vocablos griegos: geo (“tierra”) y logos (“estudio”). Se trata de la ciencia que analiza la forma interior y exterior del globo terrestre. De esta manera, la geología se encarga del estudio de las materias que forman el globo y de su mecanismo de formación.

**Herramientas informáticas:** Las Herramientas informáticas (tools, en inglés), son programas, aplicaciones o simplemente instrucciones usadas para efectuar otras tareas de modo más sencillo. En un sentido amplio del término, podemos decir que una herramienta es cualquier programa o instrucción que facilita una tarea, pero también podríamos hablar del hardware o accesorios como herramientas.

**In situ:** Es una locución de origen latino que significa ‘en el lugar’, ‘en el sitio’, ‘sobre el terreno’. Suele emplearse para referirse a algo que se observa, que se encuentra o que se ejecuta en el propio lugar donde está o de donde es originario.

**Excavación:** Proceso de remoción de material de suelo o roca de un lugar y transportarlo a otro. La excavación incluye operaciones de profundización, voladura, ruptura, cargue y transporte; en superficie o bajo tierra.

**Explotación:** Explotación es el proceso y el resultado de explotar. se refiere a apropiarse de las ganancias o beneficios de un sector industrial o de una actividad comercial, y a abuso de las cualidades de un individuo o de un contexto.

**Mineral:** Sustancia homogénea originada por un proceso genético natural con composición química, estructura cristalina y propiedades físicas constantes dentro de ciertos límites.

**Modelamiento:** En general un modelo puede ser entendido como una representación, bien sea abstracta, análoga, fenomenológica o idealizada, de un objeto que puede ser real o ficticio. Mediante el modelado se busca mejorar el conocimiento y la comprensión de un fenómeno o proceso y ello involucra el estudio de la interacción entre las partes de un sistema y el sistema como un todo.

**Recurso de mineral:** es una concentración de mineral de orden económico que se estima o interpreta a partir de una evidencia geológica específica y dependiendo de su ubicación, cantidad, contenido metálico, características geológicas y continuidad se puede considerar para una eventual extracción.

**Reserva de mineral:** es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido o indicado en la que fueron realizados estudios de factibilidad y se tomaron en cuenta factores mineros, metalúrgicos, económicos, de mercado, legales, ambientales, sociales y gubernamentales (normas y leyes que establece la STPS) para demostrar y justificar su extracción, en el tiempo en que fue estimada.

**Sistema de Información Geográfica:** Conjunto de datos, información, software, hardware y métodos para la toma de decisiones.

**Tonelada:** Deriva de tonel y que hace referencia a una medida de masa en el Sistema Internacional de Unidades y en el sistema métrico decimal, cuyo símbolo es t. La tonelada equivale a un peso de 1.000 kilogramos.

**Veta:** depósito de una concentración de un mineral ubicado en la roca. Por ejemplo: veta de oro.

## **CAPITULO III : PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **3.1. Ingeniería del proyecto**

La presente investigación se realizó en la concesión minera Mi Grimaldina 1, ubicada en el caserío de Piñipata, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, en el año 2017. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se empleó como instrumento una encuesta dirigida al encargado de dicha concesión.

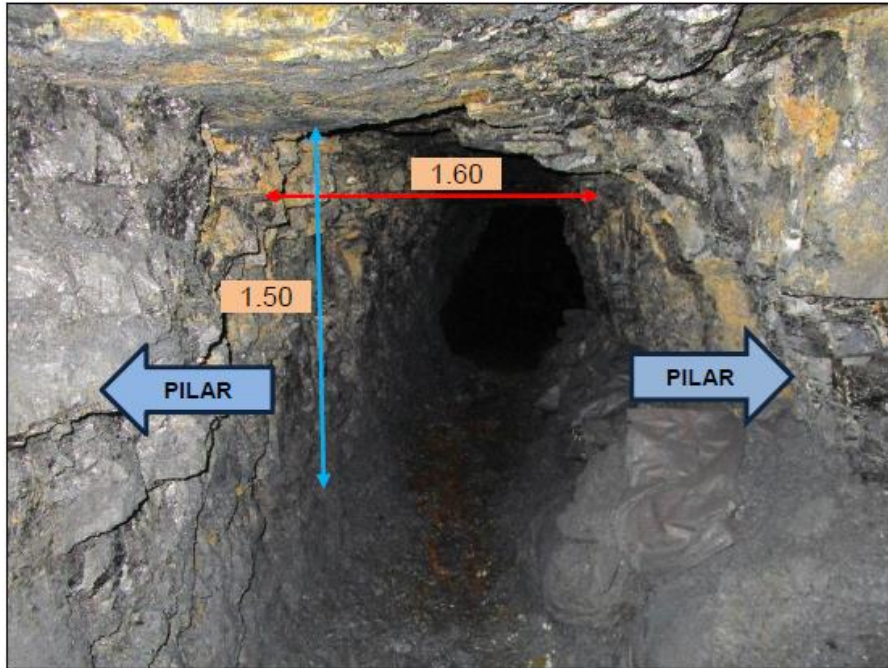
Para recolectar toda la información necesaria se utilizó como muestra y población al yacimiento de carbón que pertenece a la concesión minera y se aplicó una encuesta al encargado que consta 15 ítems, el cual nos brindó toda la información relevante sobre el yacimiento minero.

Para la Estimación de Recursos de Carbón se hizo una interpretación adecuada de la información obtenida según el método de explotación (en este caso por cámaras y pilares) o minado en la concesión estudiada, además de la información brindada por el encargado. Esto nos servirá para realizar una comparación con los cálculos numéricos existentes en un buen cálculo de recursos y el Sistema de Información Geográfico empleando el software ArcGIS.



### 3.2. Análisis

#### a. Cálculo de Recurso y Tiempo de vida de forma matemática:



**Figura 10.** Cámaras y pilares en avance dentro de la Labor 1  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 11.** Cámaras y pilares en avance dentro de la Labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

- **De la información brindada por la empresa se realizó de las 3 labores existentes.**

**Calculo de Labor 1:** Se ha creado el acceso a la concesión Mi Grimaldina 1 donde se está iniciando a extraer.

**Datos:**

1,70 metros de alto de labor.

1,60 metros de ancho de labor.

6 días a la semana.

3 días de explotación de carbón antracita.

3 días de acarreo y transporte.

26 días al mes.

13 toneladas/diarias \* 3 días a la semana= 39 toneladas/semana = 156 toneladas mes.

Densidad de carbón antracita 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Ancho de Pilar: 10 mt \* 10mt.

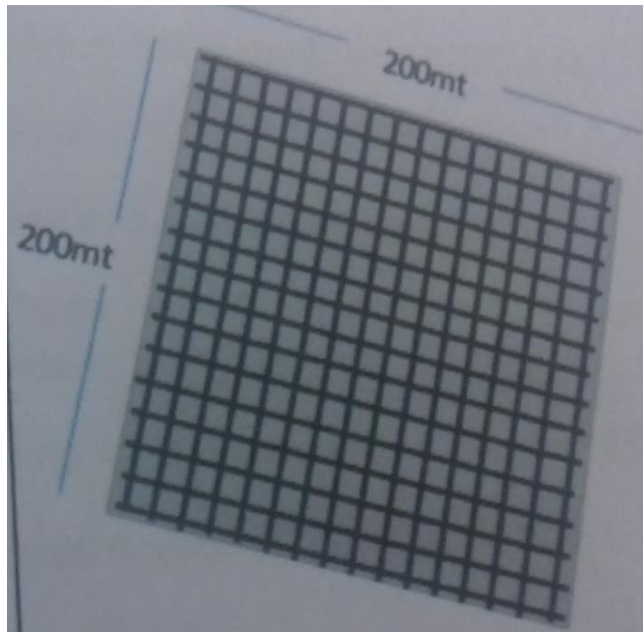
**Manto a Explotar:**

Largo de Manto a explotar: 200mt.

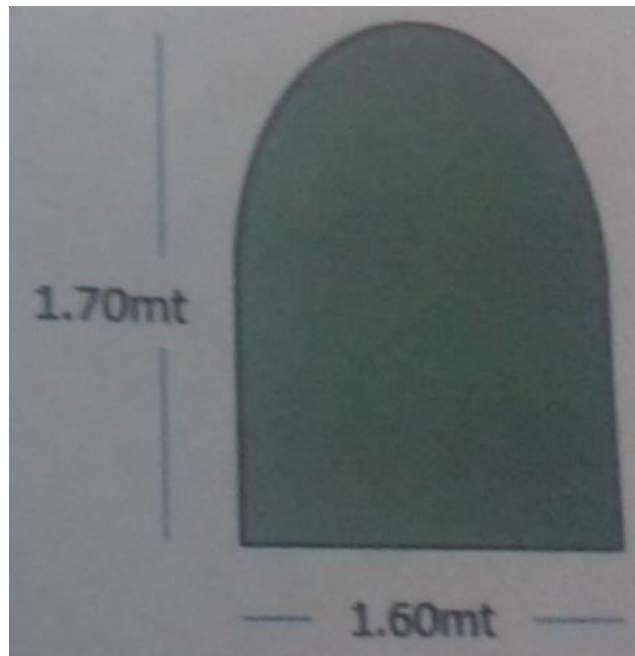
Ancho de manto a explotar: 200mt.

Explotación de Cámaras Verticales: 18.

Explotación de Cámaras Horizontales: 19.



**Figura 12.** Representación de galerías de la labor 1  
**Fuente:** Elaboración Propia, 2017.



**Figura 13.** Medidas de la Labor 1  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## **Cálculos de Recurso**

**Formula:** Alto \* Ancho \* Densidad del Carbón \* Distancia de Cámara a Explotar de carbón

$1,7 \text{ mt} * 1,6 \text{ mt} * 1,5 \text{ gr/cm}^3 * 200 \text{ mt} = 816 \text{ tn/cámara}$   
explotada.

**Cámaras verticales: 18 cámaras**

$816 \text{ tn} * 18 \text{ cámaras} = 14,688.00 \text{ tn/cámara}$  explotada

**Cámaras Horizontales: 19 cámaras**

$816 \text{ tn} * 19 \text{ cámaras} = 15,504.00 \text{ tn/cámara}$

**Sumatoria de cámaras verticales + cámaras horizontales**

$14,688.00 \text{ tn/cámara} + 15,504.00 \text{ tn/cámara} = \mathbf{30,192.00 \text{ tn}}$

Producción Diaria = 13 toneladas

Producción Semana = 39 toneladas/semana

Producción mes = 39 toneladas \* 4 semanas = 156 toneladas/mes.

Producción Año = 156 toneladas \* 12 mes = **1,872.00 tn/año**

Tiempo de vida (Labor 1) =  **$30,192.00 \text{ tn} / 1872 = 16 \text{ años.}$**

**Calculo de Labor 2:** En esta labor se está extrayendo carbón antracita.

**Datos:**

1,70 metros de alto de labor.

1,60 metros de ancho de labor.

6 días a la semana.

3 días de explotación de carbón antracita.

3 días de acarreo y transporte.

26 días al mes.

7 toneladas/diarias \*3 días a la semana= 21 toneladas/semana = 84 toneladas mes.

Densidad de carbón antracita 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Ancho de Pilar: 10 mt \* 10mt.

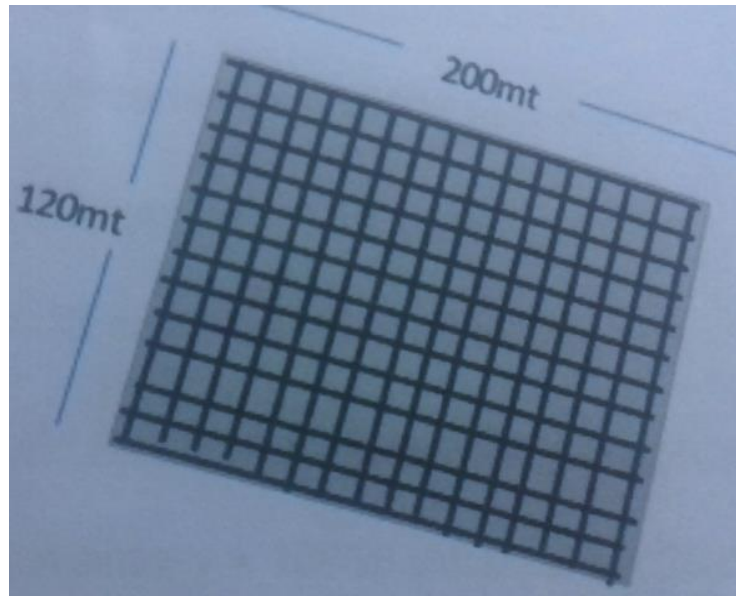
**Manto a Explotar:**

Largo de Manto a explotar: 200.

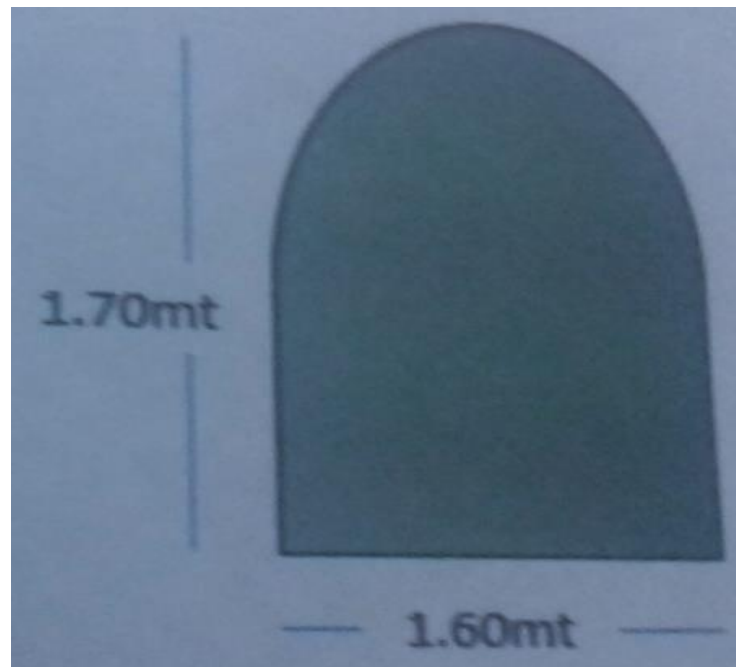
Ancho de manto a explotar: 120.

Explotación de Cámaras Verticales: 20

Explotación de Cámaras Horizontales: 13.



**Figura 14.** Cámaras y pilares de la Labor 2  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 15.** Medidas de la cámara de la Labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## **Cálculos de Recurso**

**Formula:** Alto \* Ancho \* Densidad del Carbón \* Distancia de Cámara a Explotar de carbón.

$1,7 \text{ mt} * 1,6 \text{ mt} * 1,5 \text{ gr/cm}^3 * 200\text{mt} = 816 \text{ tn/cámara}$   
Horizontales por explotar.

**Formula:** Alto \* Ancho \* Densidad del Carbón \* Distancia de Cámara a Explotar de carbón.

$1,7 \text{ mt} * 1,6 \text{ mt} * 1,5 \text{ gr/cm}^3 * 120\text{mt} = 489.6 \text{ tn/cámara}$   
Verticales por explotar.

**Cámaras Horizontales:** 13 cámaras

$816 \text{ tn} * 13 \text{ cámaras} = 10,608.00 \text{ tn/cámara}$

**Cámaras Verticales:** 20 cámaras

$489.6 * 20 \text{ cámaras} = 9,792.00 \text{ tn/cámara explotada}$

**Sumatoria de cámaras verticales + cámaras horizontales**

$9,792.00 \text{ tn/cámara} + 10,608.00 \text{ tn/cámara} = \mathbf{20,400.00 \text{ tn}}$

Producción Diaria = 7 toneladas

Producción Semana = 21 toneladas/semana

Producción mes = 21 toneladas \* 4 semanas = 84 toneladas/mes.

Producción Año = 84 toneladas \* 12 meses = **1,008.00 tn/año.**

Tiempo de vida (Labor 2) = **20,400.00 tn / 1,008.00 = 20 años.**

**Calculo de Labor 3:** En esta labor se está extrayendo carbón antracita.

**Datos:**

2.00 metros de alto de labor.

1,90 metros de ancho de labor.

6 días a la semana.

3 días de explotación de carbón antracita.

3 días de acarreo y transporte.

26 días al mes.

7 toneladas/diarias \*3 días a la semana= 21 toneladas/semana.

84 toneladas mes.

Densidad de carbón antracita 1,5 g/cm<sup>3</sup>.

Ancho de Pilar: 10 mt \* 10mt.

**Manto a Explotar:**

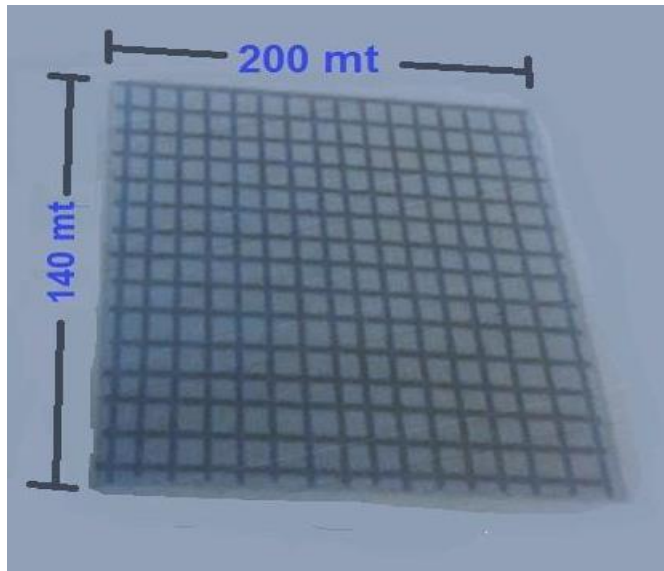
Largo de Manto a explotar: 200mt.

Ancho de manto a explotar: 140mt.

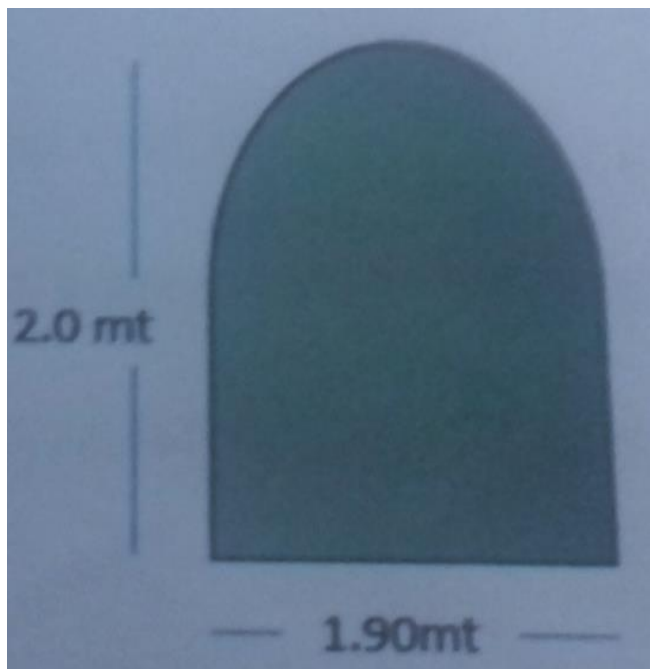
Explotación de Cámaras Verticales: 20.

Explotación de Cámaras Horizontales: 15.





**Figura 16.** Cámaras y pilares de la labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 17.** Medidas de la labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

## **Cálculos de Recurso**

**Formula:** Alto \* Ancho \* Densidad del Carbón \* Distancia de Cámara a Explotar de carbón

2,0 mt \* 1,90 mt \* 1,5 gr/cm<sup>3</sup> \* 200mt = 1,140.00 tn/cámara horizontal por explotar.

**Formula:** Alto \* Ancho \* Densidad del Carbón \* Distancia de Cámara a Explotar de carbón

2,0 mt \* 1,90 mt \* 1,5 gr/cm<sup>3</sup> \* 140mt = 798 tn/cámara vertical por explotar.

**Cámaras Horizontales:** 15 cámaras

1,140.00 tn \* 15 cámaras = 17,100.00 tn/cámara

**Cámaras Verticales:** 20 cámaras

798 tn \* 20 cámaras = 15,960.00 tn/cámara

**Sumatoria de cámaras verticales + cámaras horizontales**

= 15,960.00 tn/cámara + 17,100.00 tn /cámara = **33,060.00 tn.**

Producción Diaria = 7 toneladas

Producción Semana = 21 toneladas/semana

Producción mes = 21 toneladas \* 4 semanas = 84 toneladas/mes.

Producción Año = 84 toneladas \*12 mes = **1,008.00 tn/año**

Tiempo de vida (Labor 3) = 33,060.00 tn / 1,008.00 tn/año=**33 años.**

Se ha calculado los siguientes recursos en toneladas por cada labor:

**Tabla 9.** *Cálculo del recurso de Carbón(Tn)*

Labor 1	Labor 2	Labor 3
<b>30,192.00 tn</b>	<b>20,400.00 tn</b>	<b>33,060.00 tn</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Finalmente, la suma total del tiempo de vida de las tres labores(años):

**Tabla 10.** *Cálculo del tiempo de vida del recurso de Carbón(años)*

Labor 1	Labor 2	Labor 3
<b>16 años</b>	<b>20años</b>	<b>33 años</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

$$\text{Suma} = 16 + 20 + 33$$

$$\text{Suma} = 69 \text{ años}$$

**b. Cálculo de recursos y tiempo de vida con software ArcGIS:**

En la actualidad el Sistema de Información Geográfico, está siendo utilizado en todo el mundo en beneficio de toda la sociedad, demostrando ser de gran apoyo en las distintas ramas de la ciencia y la tecnología para facilitar los trabajos y ahorrar tiempo en la ejecución y solución de problemas y proyectos, así como el cuidado del medio ambiente. Para esta investigación se utilizará las herramientas de cálculo volumétrico que ayudará en la determinación de los recursos en un método indirecto. Es importante resaltar que el manejo y presentación de gran cantidad de información geoespacial, es de gran ventaja, por tal motivo ayudara a poder conseguir un modelo para el cálculo de recursos.

En relación a la ingeniería minera, las aplicaciones de estos sistemas geográficos son muy diverso, con una eficiente implementación permitirá a los ingenieros contar con una excelente herramienta en la planeación, ejecución y monitoreo de grandes obras, pero sobre todo resulta ser una sólida base en la toma de decisiones (multipropósito), situaciones que son constante en esta profesión.

Es así que se ha ido mencionado a lo largo de este trabajo de investigación, una de las muchas ventajas de este sistema y es la del poder simular diferentes contextos de un mismo evento o proyecto (multipropósitos) y así poder presentar los resultados de manera gráfica como alfanumérica en todo momento de la interpretación. Por lo tanto, en esta investigación se ejemplificará la aplicación del Sistemas de Información Geográfica para así representar escenarios asociados a distintas problemáticas en la verificación de la obtención de recursos en la explotación de carbón con el método de minado por cámaras y pilares.

La decisión de una determinada metodología o modelo está íntimamente relacionada con la escala del análisis y las características de los elementos bajo estudio, en mi investigación voy a demostrar que con la ayuda del Sistema de Información Geográfico podemos realizar un modelo donde se pueda calcular recursos en determinadas áreas de forma indirecta e ingresando datos alfanuméricos confiable de campo y obtener resultados confiables, en este proyecto se elaboró mediante el método de extracción subterránea para el minado de cámara y pilares.

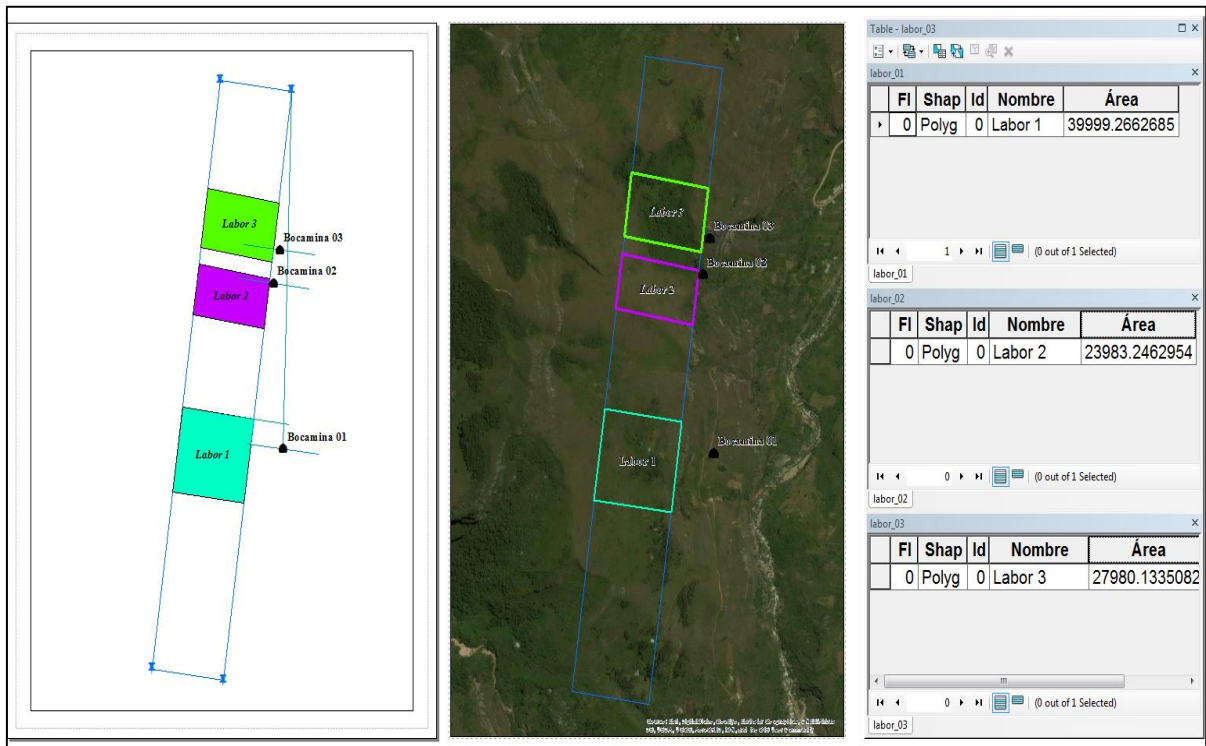
Por tal motivo para cumplir con el objetivo de esta investigación, realizar un Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en

el año 2017, modelo que se ha llevado a cabo por métodos geoespaciales y alfanuméricos, solamente hasta los límites que comprenden la concesión y entre el mineral (antracita), donde se ha determinado la Estimación de Recursos de Carbón en las tres labores presentes en el área de estudio. Es así que para evaluar la estimación en la concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, ha sido necesario tener un buen criterio en el ingreso de datos alfanuméricos al software y buen conocimiento en su uso para poder así tener una buena interface entre el usuario y el programa y obtener datos confiables en todo el proceso de manipulación de datos geoespacial.

Es así que para evaluar la estimación en la concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, ha sido necesario tener un buen criterio en el ingreso de datos alfanuméricos al software y buen conocimiento en su uso para poder así tener una buena interface entre el usuario y el programa y obtener datos confiables en todo el proceso de manipulación de datos geoespacial.

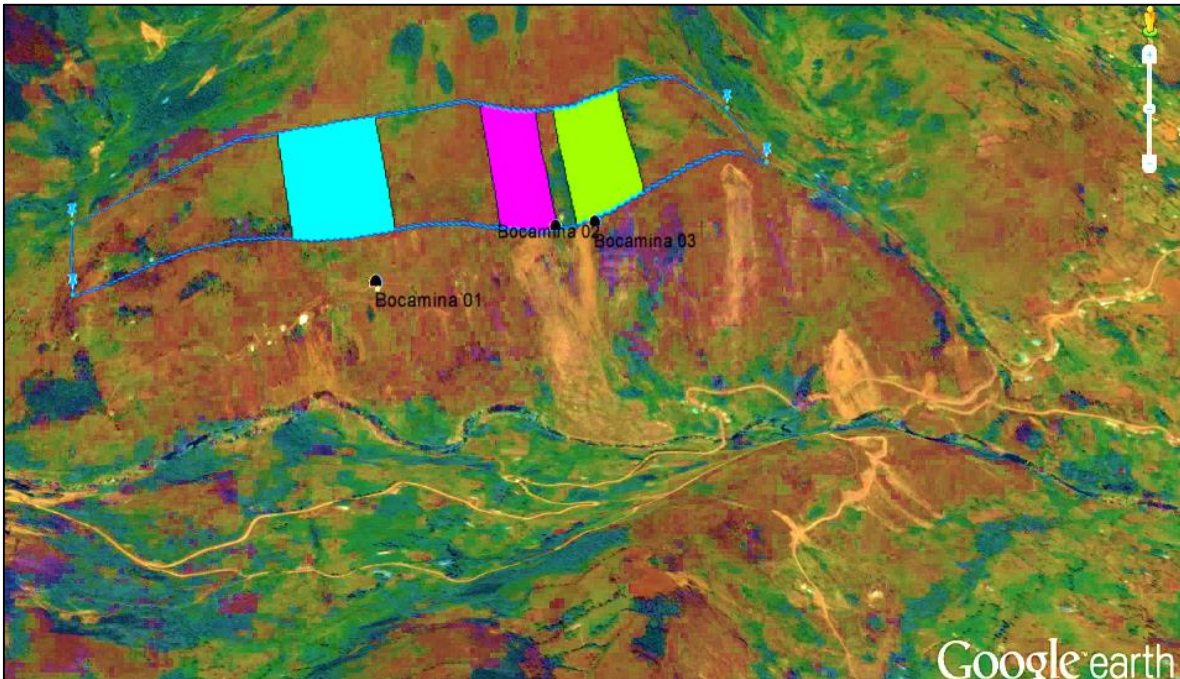
**- Modelo para la obtención de recursos con el Sistema de Información Geográfico.**

Teniendo los datos levantados en campo y realizando un buen control de calidad, se validó la información para proceder a ingresar al software ArcGIS, posteriormente se georreferencia toda información en el área de la concesión Minera Mi Grimaldina 1 (explotación de antracita) que involucra a tres labores de minado, así como el cálculo de sus respectivas áreas como se observa en la Figura 18.



**Figura 18.** Ubicación georreferenciada de la concesión Minera Mi Grimaldina I y sus tres labores en ArcGIS.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Para una mejor interpretación en el cálculo de recursos se ha superpuesto el *shapefile* de la concesión minera y las labores de minado en el terreno a tiempo real (*Google earth*), esto nos servirá para ver el contexto geomorfológico y ver el entorno para ver la implicancia del minado, en el área total de la concesión. (Ver Figura 19).

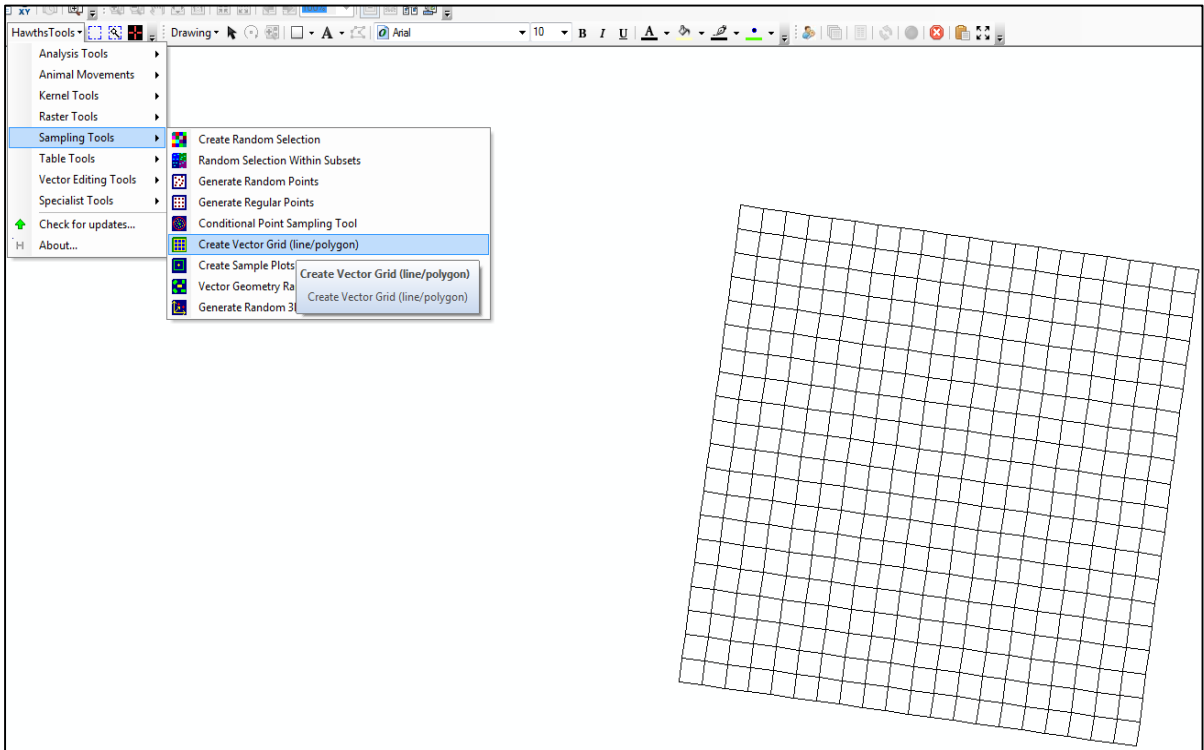


**Figura 19.** Superposición del *Shapefile* de la concesión minera y las 3 labores en *Google earth*.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Los pasos que se presentan a continuación son los que realizaron en las tres labores en las que se determinaron los recursos y el tiempo de vida de la explotación de carbón.

Para el proceso comenzamos con el siguiente paso, consiste en utilizar la extensión del ArcGIS denominada HawthTools, la cual nos ayudó a realizar un grillado de 10 metros por 10 metros, que será el grosor de las columnas o pilares dentro de las labores de explotación de antracita, pasos que se realizaron en las tres labores de minado.

Siguiendo la siguiente expresión: **HawthsTools** <> **Sampling Tools** <> **Create Vector Grid (line/polygon)** (Ver Figura 20)



**Figura 20.** Uso de la herramienta *HawthsTools*, para la elaboración de las grillas.

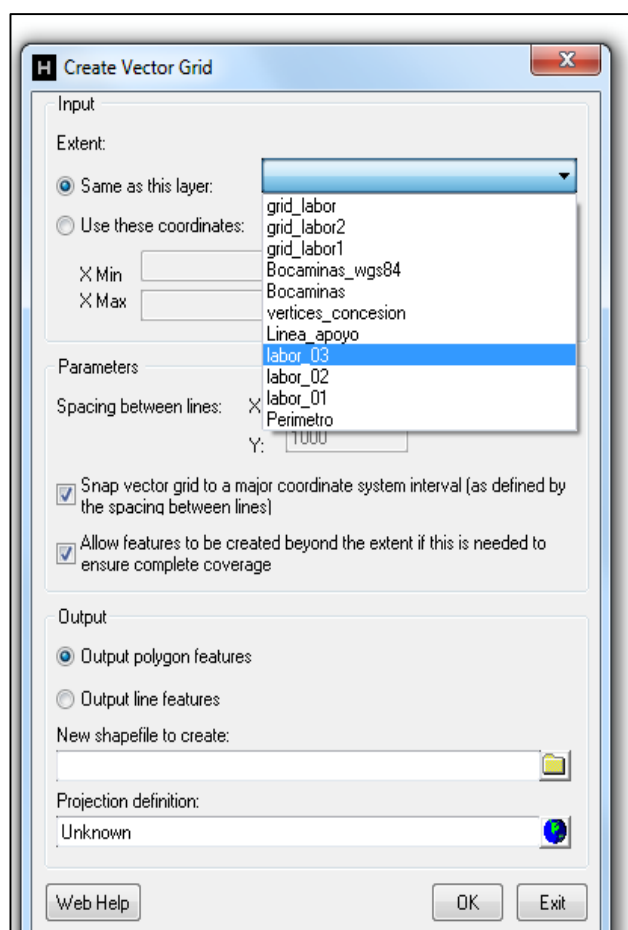
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Posteriormente se visualizó un cuadro de dialogo **Create Vector Grid**, en la cual ingresamos la información que se menciona a continuación (Se tomó como ejemplo a la labor tres (03)), en el **Input** <> **Extent** en el campo **Same as this layer** colocamos el polígono de la **labor \_03**.

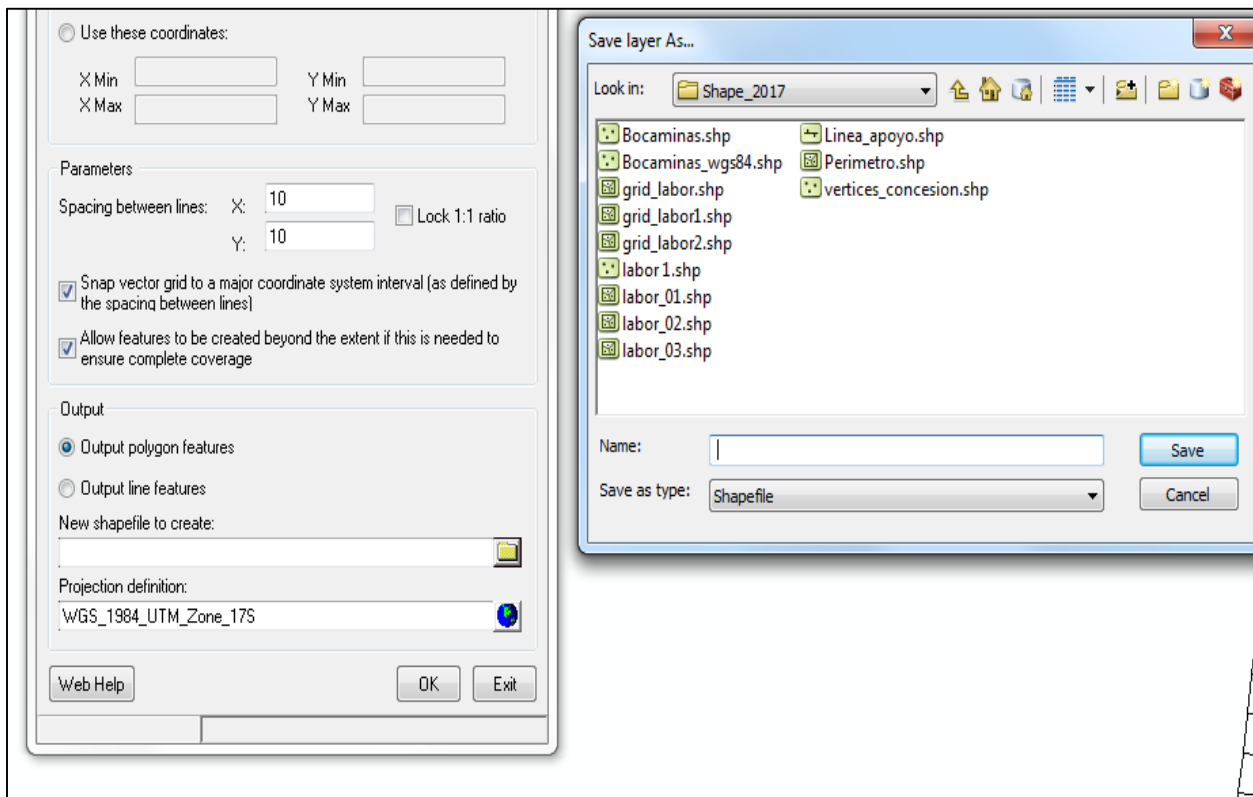


En el siguiente campo **Parameters** se coloca el tamaño de la grilla que en este caso será 10 en X y 10 en Y.

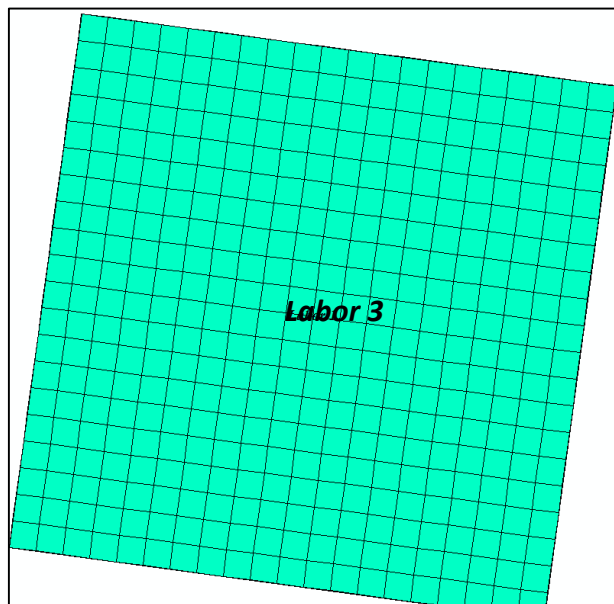
luego en el campo **Output <> New shapefile to create**, se guardó en la carpeta donde se está consolidando toda la información, posteriormente se procederá a colocar en **Projection definition** la georreferenciación que es **WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S**, y se guardó haciendo clic en **OK**, para así obtener la grilla deseada. (Ver Figuras 21, 22 y 23).



**Figura 21.** Ventana de dialogo Create Vector Grid.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

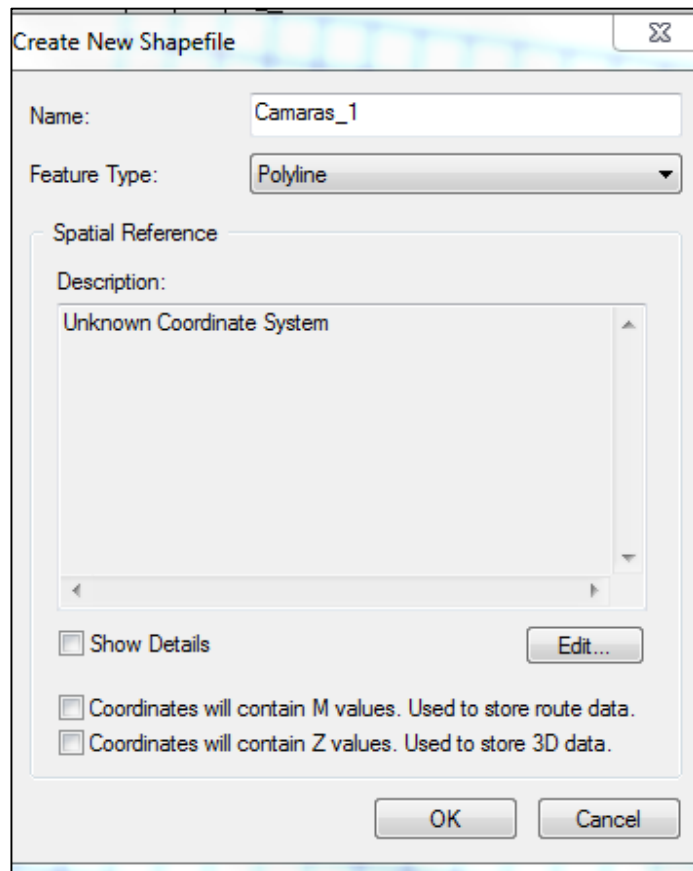


**Figura 22.** Campo *Output* <> *New shapefile to create*  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



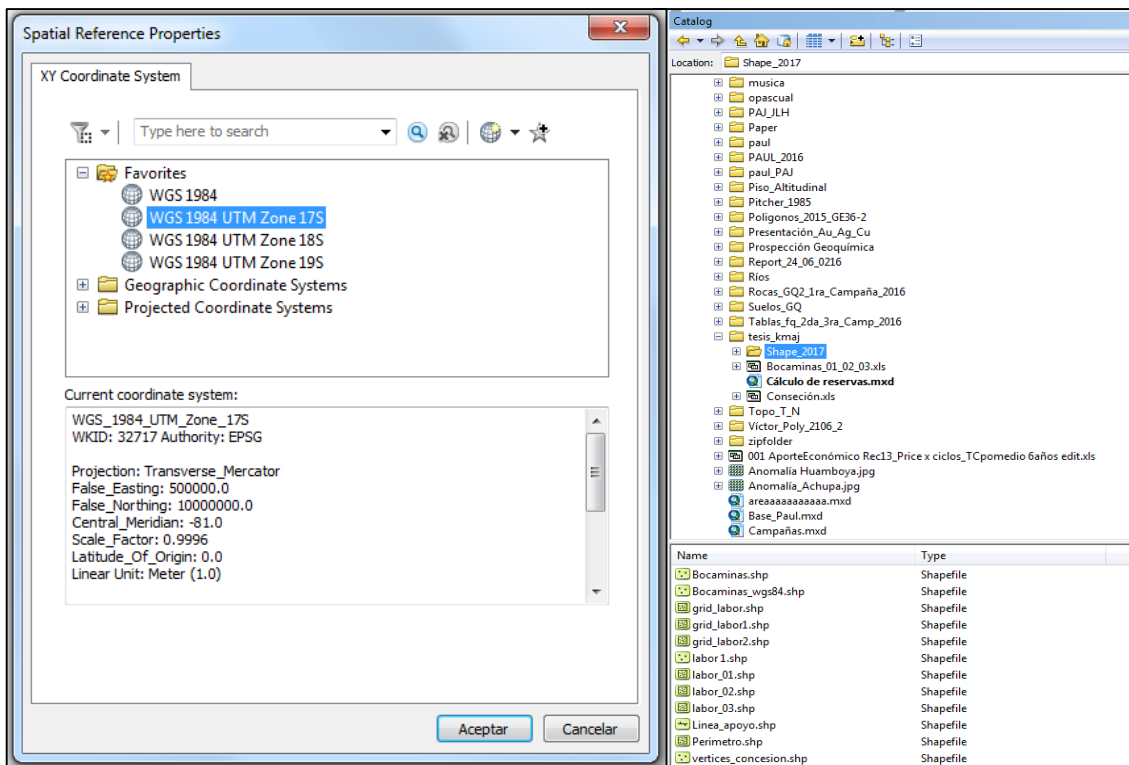
**Figura 23:** Guardado y elaboración de grillas en la labor 3.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Una vez elaborado la grilla de 10 metros por 10 metros, se procedió a realizar las cámaras de recuperación de carbón antracita en cada labor de minado tanto horizontales como verticales, este paso se realiza con la elaboración de un *shapafile* en la herramienta **Create New Shapefile <> Feature Type <> Polyline**, pasando a referenciarlo en <edit> donde nos apareció un cuadro de dialogo **Spatial Reference Properti** y seleccionamos la opción **WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S**, para pasar a hacer clic en **OK**, generando el *shapefile* de cámara de explotación ( ver Figura 24 y 25).



**Figura 24.** Ventana de Create New Shapefile <>  
Feature Typ <> Polyline

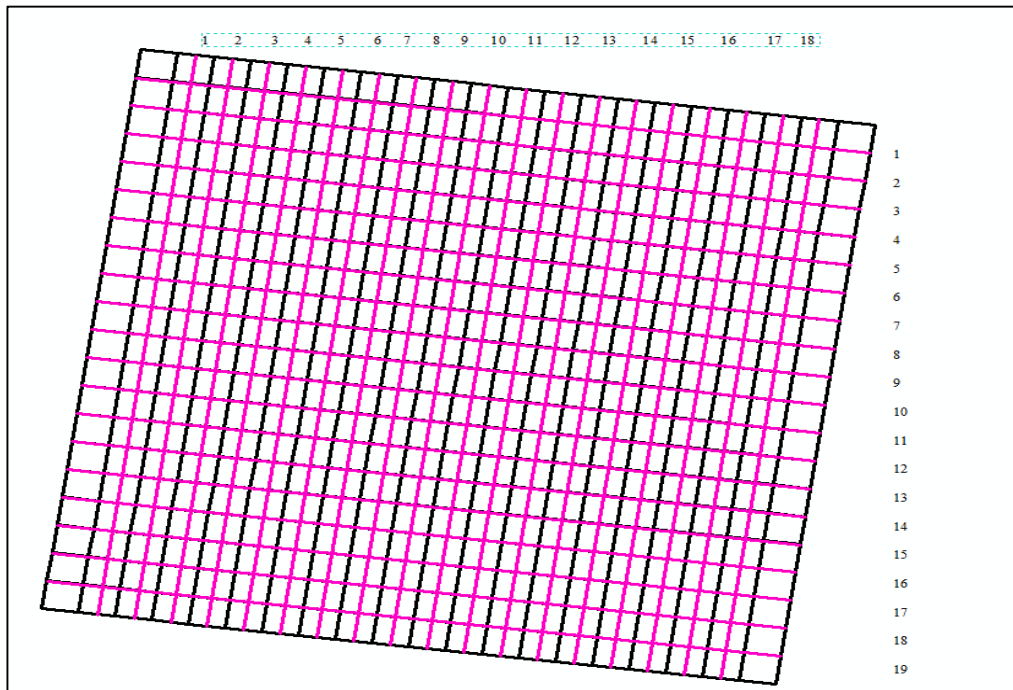
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 25.** Elaboración del Shapefile <> *Polyline* de la cámara de explotación

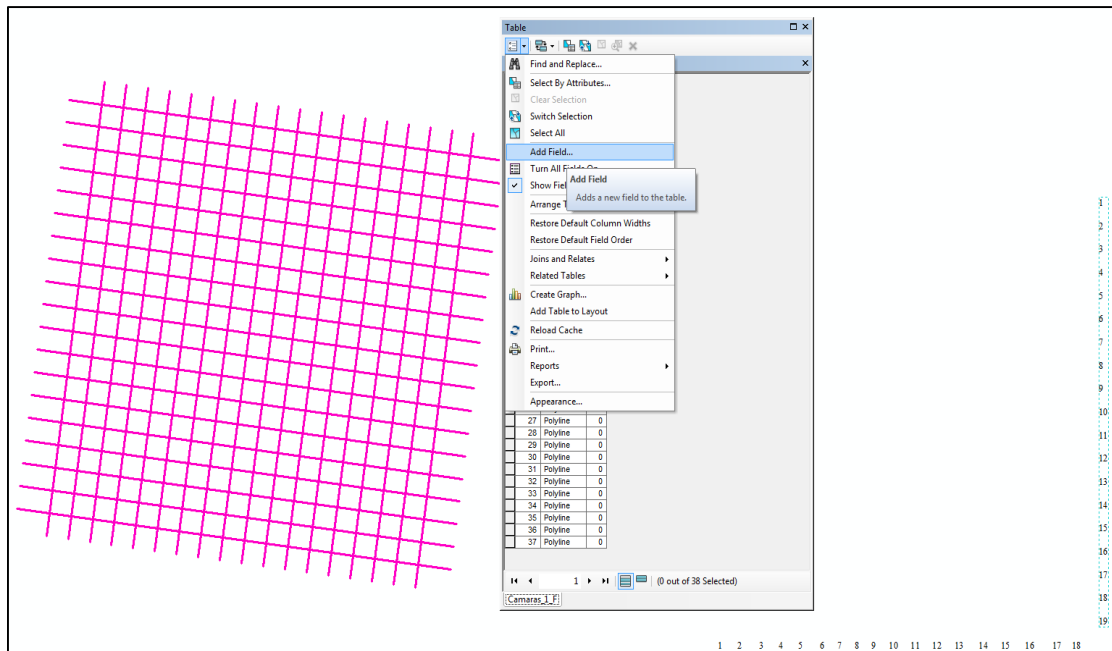
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Pasamos a la edición del **Shapefile** que se creó anteriormente, para poder elaborar las cámaras de minado tanto vertical como horizontal dependiendo a las distancias de ancho establecidas y así proceder a realizar un **Buffer** posteriormente, dependiendo al ancho de cada cámara en las diferentes labores (Ver figura 26).

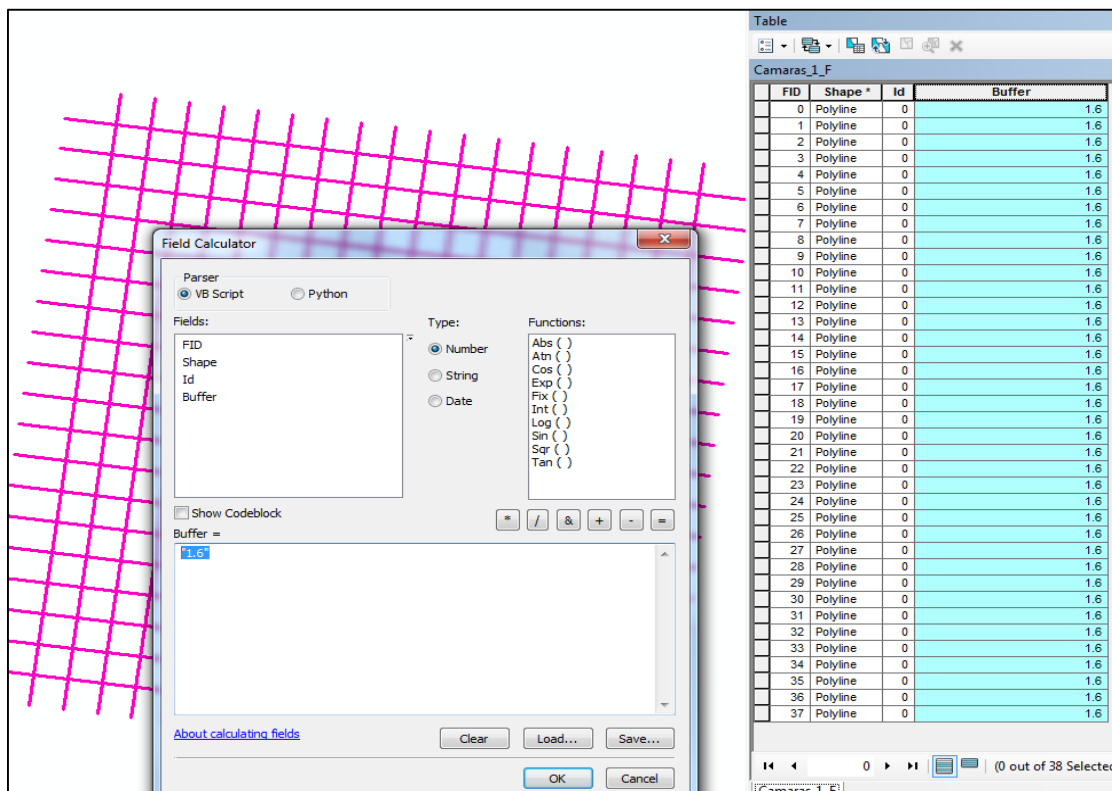


**Figura 26.** Elaboración de las cámaras tanto vertical como horizontal.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Como se mencionó anteriormente se procedió a generar un **<Buffer>**, el cual consiste en hacer un nuevo atributo en la tabla de datos del **Shapefile** cámaras, y se colocó el valor del ancho de cada labor de explotación para este ejemplo se tomará el ancho de la cámara de la labor 1, que tiene un ancho de 1.6 metros (Ver Figura 27 y 28).

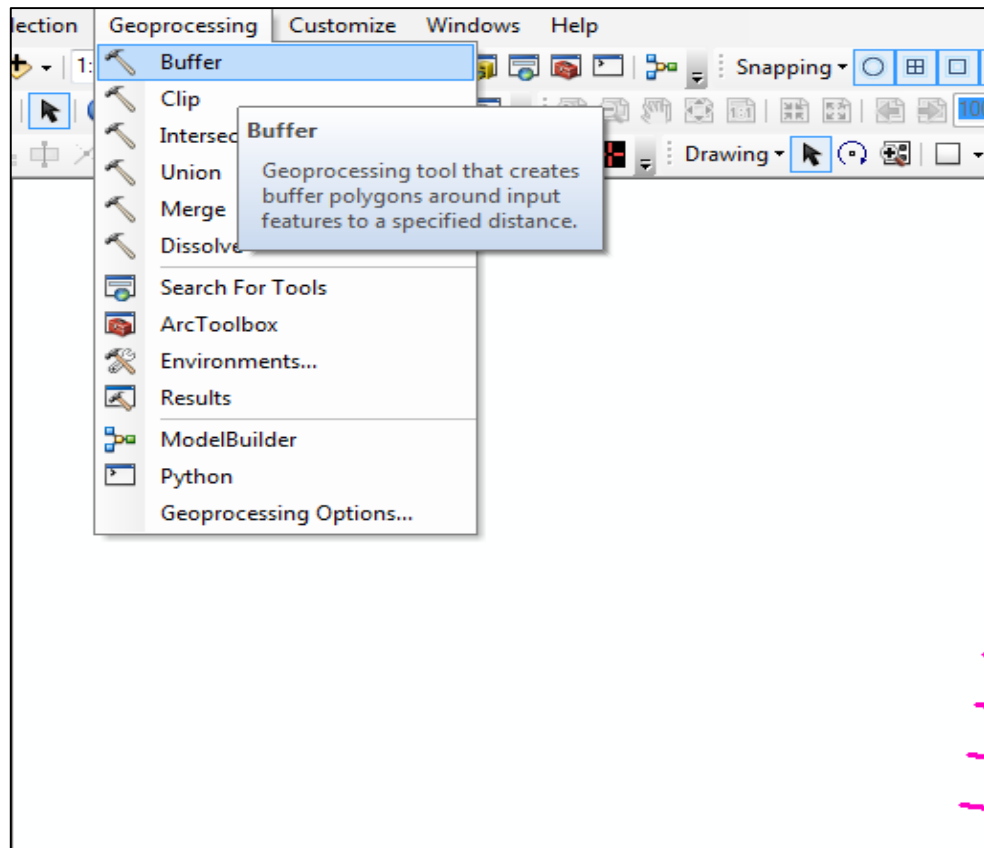


**Figura 27.** Creación del campo <Buffer>  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

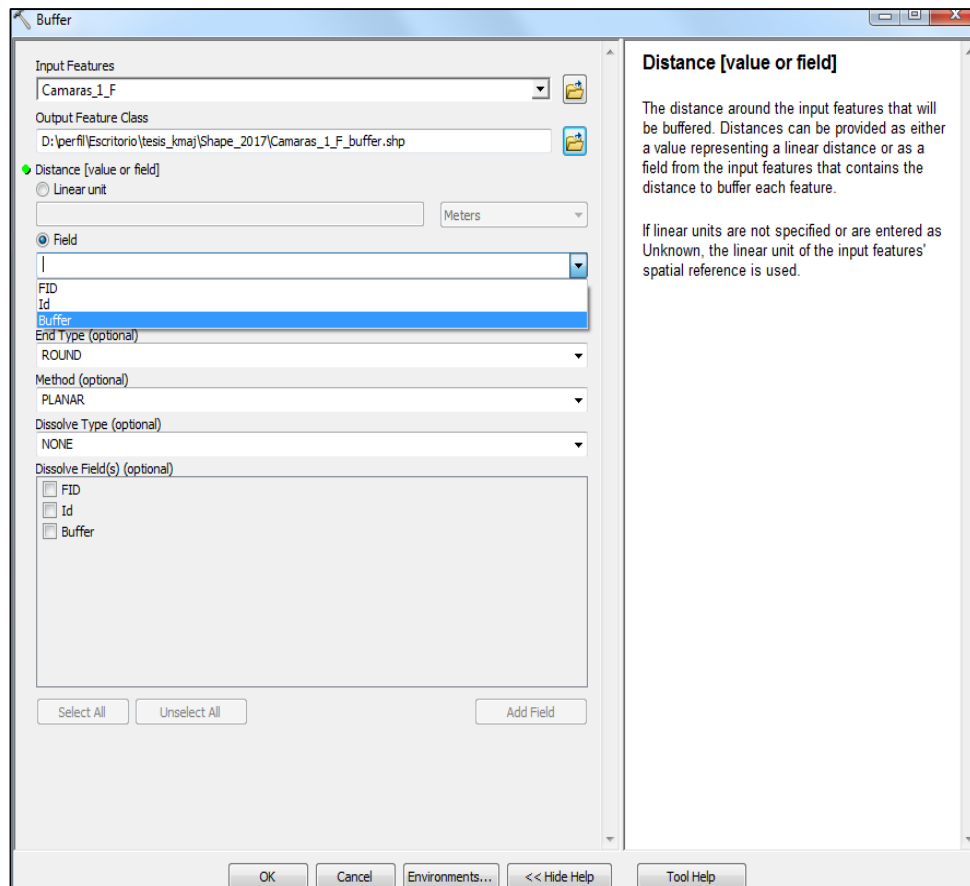


**Figura 28.** Creación del campo <Buffer>  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017

Pasando a generar un nuevo **Shapefile Buffer**, siguiendo los pasos adecuados que se mencionan a continuación: <**Geoprocessing**> <**Buffer**>, en la cual se nos abre el cuadro de dialogo que nos pidió ingresar la información siguiente, <**Input Feature**> el **Shapefile** al cual se ha creado el campo Buffer, pasando a <**Output Feature Class**>, se ubicara el lugar donde se guardara el nuevo Shapefile que se creara con este paso, pasando al campo de **Distance <value or field>**, se activa el **Field** y se escribió el campo creado en este caso el atributo <Buffer>, para posteriormente hacer clic en **OK**, generando un nuevo **Shapefile** (Ver Figura 29 y 30).



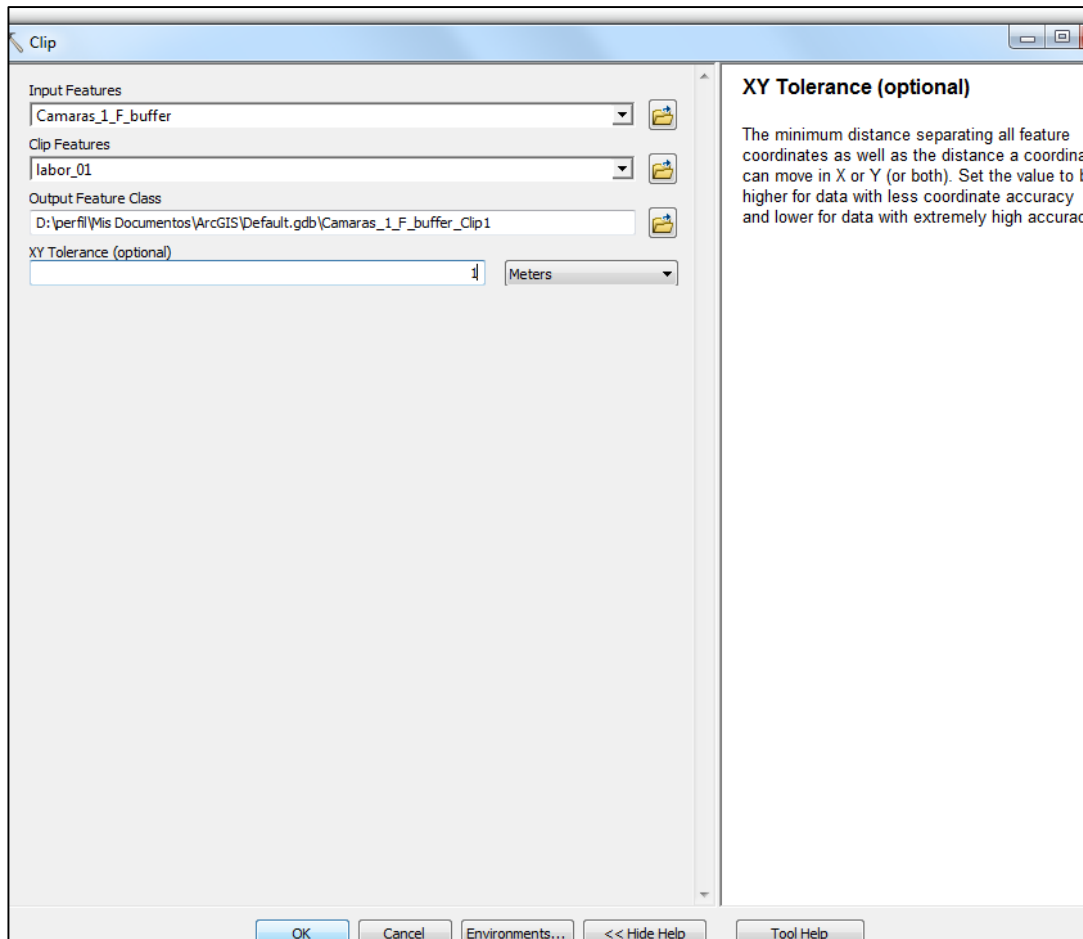
**Figura 29.** Ventana de <Geoprocessing> <Buffer>.  
**Fuente:** Elaboracion propia, 2017.



**Figura 30.** Creación del *Shapefile* <Buffer>. **Fuente:** Elaboración propia, 2017.

En algunos casos al hacer el <**Buffer**> se tiene un exceso de área en los extremos para lo cual se utiliza la siguiente herramienta <**Clip**>, siguiendo los pasos siguientes: <**Geoprocessing**> <**Clip**>, en la cual se nos abrió el cuadro de dialogo que nos pidió ingresar la información siguiente, <**Input Feature**> el **Shapefile** que sobrepasa el área de trabajo <Buffer> seguido del perímetro del área de trabajo en el campo <**Clip Features**>, para pasar al campo donde se guardó el nuevo shapefile que se creó en el campo <**Output Feature Class**> y se ubicó en el lugar donde se guardara el nuevo **Shapefile**, pasando al campo de <**XY Tolerance (optional)**>, donde se colocó el valor de <1>, para posteriormente hacer clic en **OK**, generando un nuevo **Shapefile** (Ver figura 31).

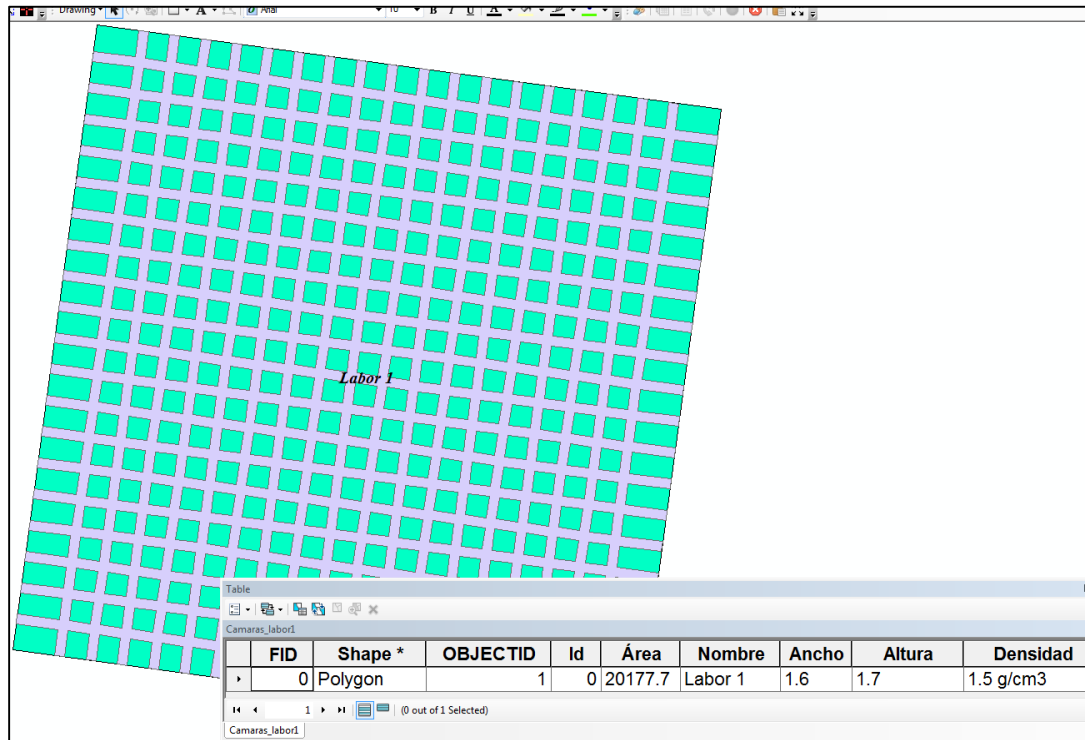




**Figura31.** Creación del *Shapefile* <Clip>.

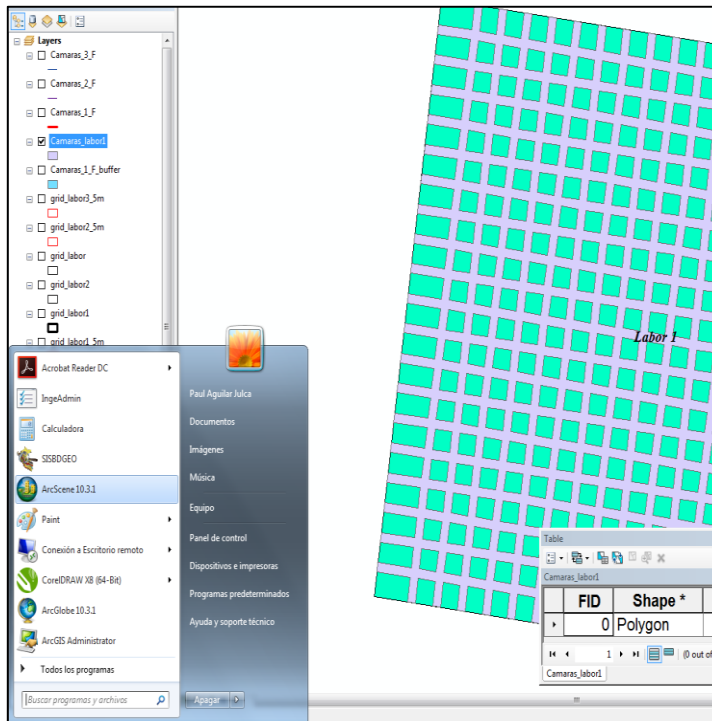
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Una vez concluido los pasos anteriores se procedió a ingresar los datos de campo y validados a la tabla de datos del **Shapefile** <Cámara\_Vertical> y Camara\_Horizontal>, en los siguientes atributos, Ancho, Altura, Densidad del carbón, como se muestra en la Figura 32.

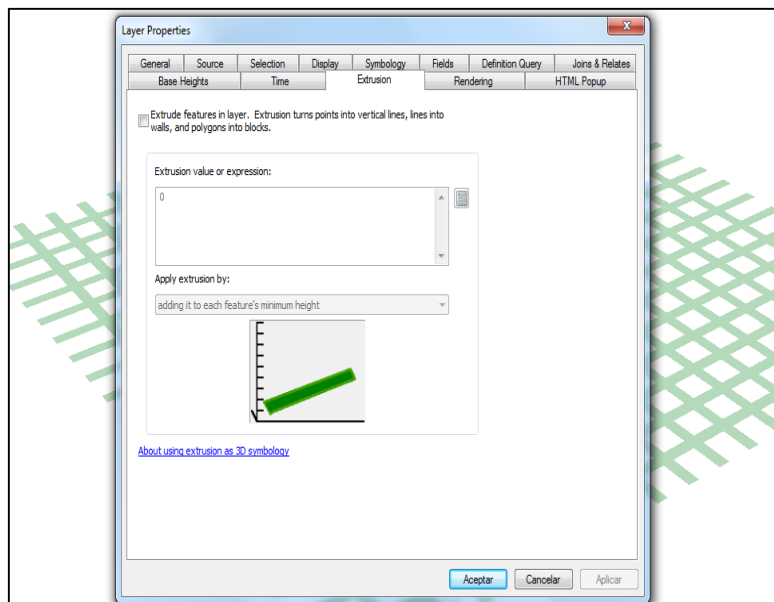


**Figura 32.** Ingreso de datos validados al Shapefile.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Ahora pasamos a abrir el programa ArcScene que pertenece al paquete de ArcGIS, el cual nos ayudó a calcular el volumen teniendo el valor de la altura y con la herramienta de **<Extrusion>**, para lo cual trabajaremos con los **Shapefile** <Camara\_Vertical> y Camara\_Horizontal>, como se observa en la figura 33 y figura 34.

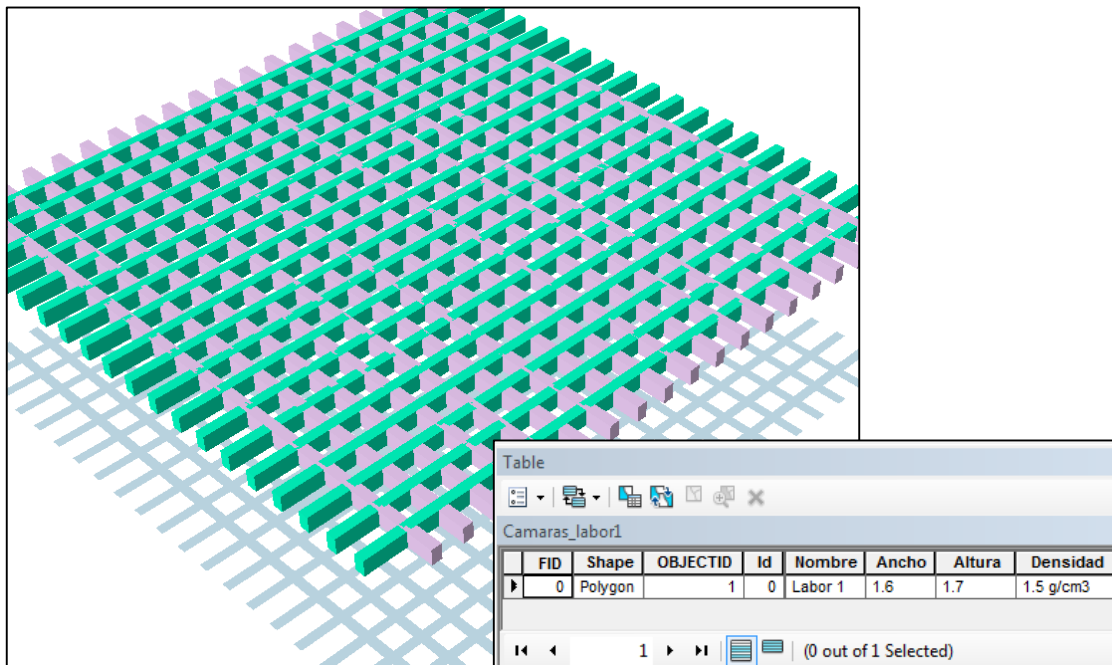


**Figura 33.** Uso del ArcScene.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 34.** Uso de la herramienta Extrusión.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Y para finalizar con los pasos se tuvo que seguir en todas las labores y así poder realizar el cálculo de recursos, al finalizar estos procedimientos el resultado se mostró en una visualización 3D, en el ArcScene (ver figura 35), para lo cual procederemos a evaluar a las labores individualmente para ver cuantos años de vida útil tendremos.



**Figura 35.** Visualización 3D de las cámaras verticales y horizontales.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

#### - Cálculo de Recurso y tiempo de vida

Cálculo que se ha realizado solo en las labores que se están explotando actualmente.

## Calculo de la labor 1

Se tiene la siguiente información de campo:

Altura de la labor 1.7 metros.

Ancho de la labor 1.6 metros.

La explotación de antracita es de 3 días a la semana.

Se explota 13 toneladas diarias.

Densidad de carbón antracita 1.5 gr/cm<sup>3</sup>.

Largo del manto a explotar 200 metros.

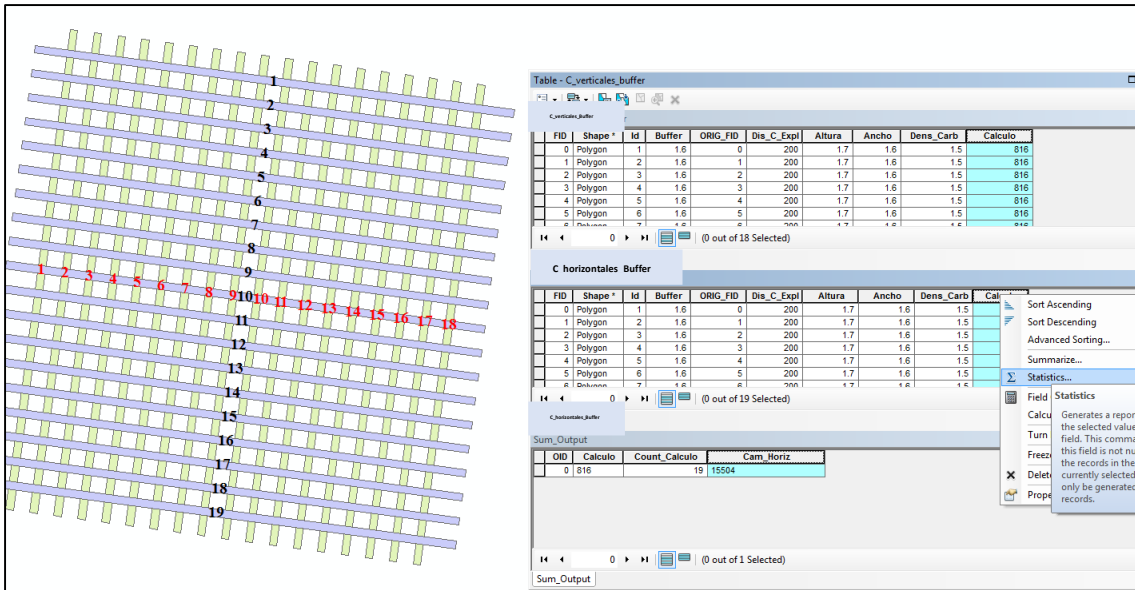
Ancho del manto a explotar 200 metros

Cámaras verticales 18.

Cámaras horizontales 19.

**Se procedió a realizar el cálculo de recurso en el Sistema de Información Geográfico.**

Abrimos el software ArcGIS y ArcScene, para ingresar los datos validados de campo para lo cual se ha tenido que ingresar toda la información a la base de datos como se muestra en la Figura 36, tanto de las cámaras verticales como horizontales.

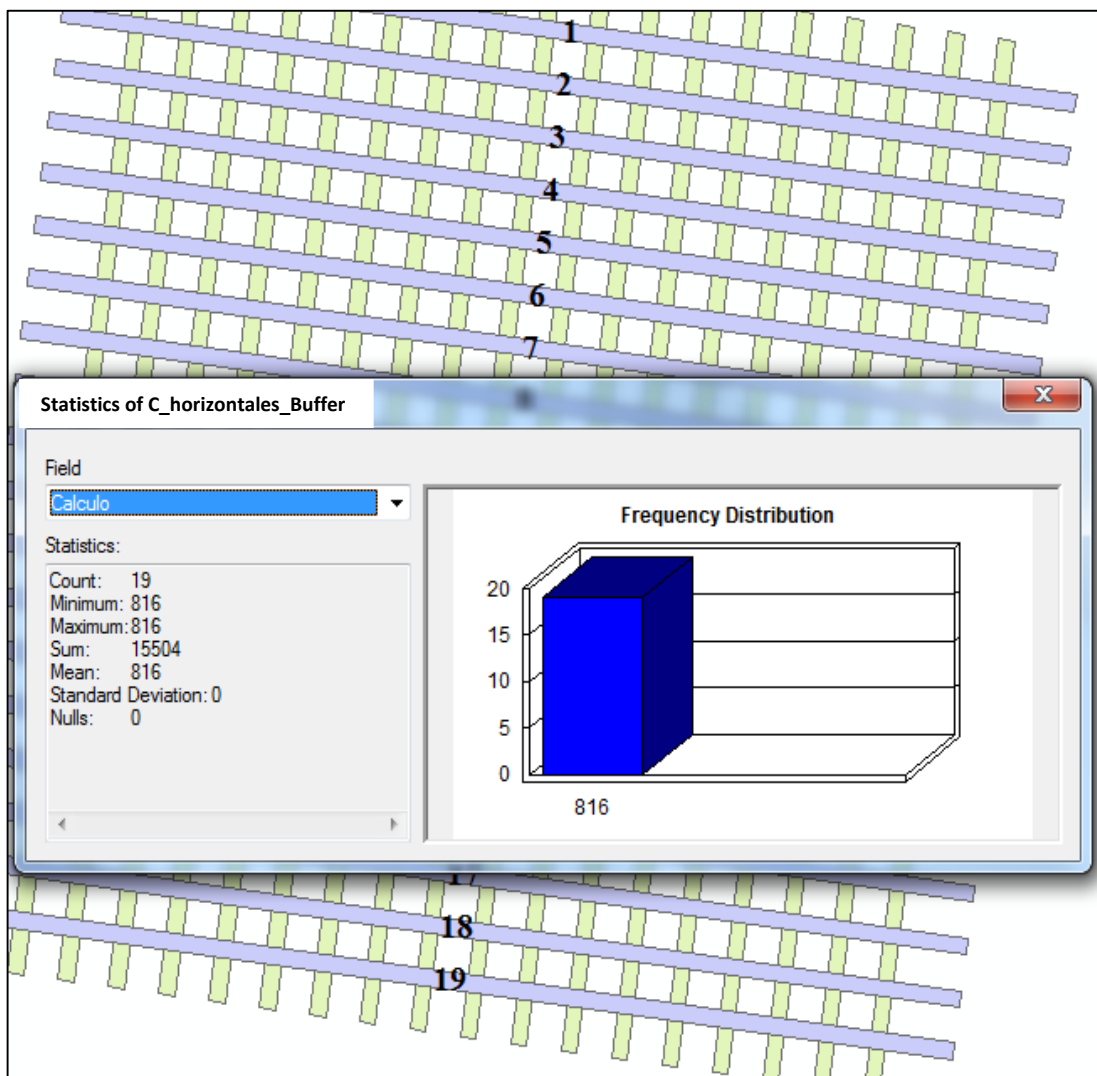


**Figura 36.** Ingreso de la información de las cámaras verticales y horizontales de la labor 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego se realizó el cálculo de los volúmenes de explotación por día, mes y año para las cámaras horizontales (Ver Figura 39 y 40), en la cual nos arroja un valor de 15, 504.00 toneladas, siguiendo la siguiente expresión.

$$\text{>Dis\_C\_Explo<} * \text{>Altura<} * \text{>Ancho<} * \text{>Dens\_Carb<} = 816$$

816 \* número de cámaras (19) = 15, 504.00 toneladas/cámara. (Ver Figura 37 y 38).



**Figura 37.** Cálculo del volumen en toneladas de las cámaras horizontales de la labor 1.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Table - C_verticales_buffer									
C_verticales_Buffer									
FID	Shape *	Id	Buffer	ORIG_FID	Dis_C_Expl	Altura	Ancho	Dens_Carb	Calculo
0	Polygon	1	1.6	0	200	1.7	1.6	1.5	816
1	Polygon	2	1.6	1	200	1.7	1.6	1.5	816
2	Polygon	3	1.6	2	200	1.7	1.6	1.5	816
3	Polygon	4	1.6	3	200	1.7	1.6	1.5	816
4	Polygon	5	1.6	4	200	1.7	1.6	1.5	816
5	Polygon	6	1.6	5	200	1.7	1.6	1.5	816
6	Polygon	7	1.6	6	200	1.7	1.6	1.5	816
7	Polygon	8	1.6	7	200	1.7	1.6	1.5	816
8	Polygon	9	1.6	8	200	1.7	1.6	1.5	816
9	Polygon	10	1.6	9	200	1.7	1.6	1.5	816
10	Polygon	11	1.6	10	200	1.7	1.6	1.5	816
11	Polygon	12	1.6	11	200	1.7	1.6	1.5	816
12	Polygon	13	1.6	12	200	1.7	1.6	1.5	816
13	Polygon	14	1.6	13	200	1.7	1.6	1.5	816
14	Polygon	15	1.6	14	200	1.7	1.6	1.5	816
15	Polygon	16	1.6	15	200	1.7	1.6	1.5	816
16	Polygon	17	1.6	16	200	1.7	1.6	1.5	816
17	Polygon	18	1.6	17	200	1.7	1.6	1.5	816

C_Horizontales_buffer									
C_horizontales_Buffer									
FID	Shape *	Id	Buffer	ORIG_FID	Dis_C_Expl	Altura	Ancho	Dens_Carb	Calculo
0	Polygon	1	1.6	0	200	1.7	1.6	1.5	816
1	Polygon	2	1.6	1	200	1.7	1.6	1.5	816
2	Polygon	3	1.6	2	200	1.7	1.6	1.5	816
3	Polygon	4	1.6	3	200	1.7	1.6	1.5	816
4	Polygon	5	1.6	4	200	1.7	1.6	1.5	816
5	Polygon	6	1.6	5	200	1.7	1.6	1.5	816
6	Polygon	7	1.6	6	200	1.7	1.6	1.5	816
7	Polygon	8	1.6	7	200	1.7	1.6	1.5	816
8	Polygon	9	1.6	8	200	1.7	1.6	1.5	816
9	Polygon	10	1.6	9	200	1.7	1.6	1.5	816
10	Polygon	11	1.6	10	200	1.7	1.6	1.5	816
11	Polygon	12	1.6	11	200	1.7	1.6	1.5	816
12	Polygon	13	1.6	12	200	1.7	1.6	1.5	816
13	Polygon	14	1.6	13	200	1.7	1.6	1.5	816
14	Polygon	15	1.6	14	200	1.7	1.6	1.5	816
15	Polygon	16	1.6	15	200	1.7	1.6	1.5	816
16	Polygon	17	1.6	16	200	1.7	1.6	1.5	816
17	Polygon	18	1.6	17	200	1.7	1.6	1.5	816
18	Polygon	19	1.6	18	200	1.7	1.6	1.5	816

Sum_Output			
OID	Calculo	Count_Calculo	Cam_Horiz
0	816	19	15504

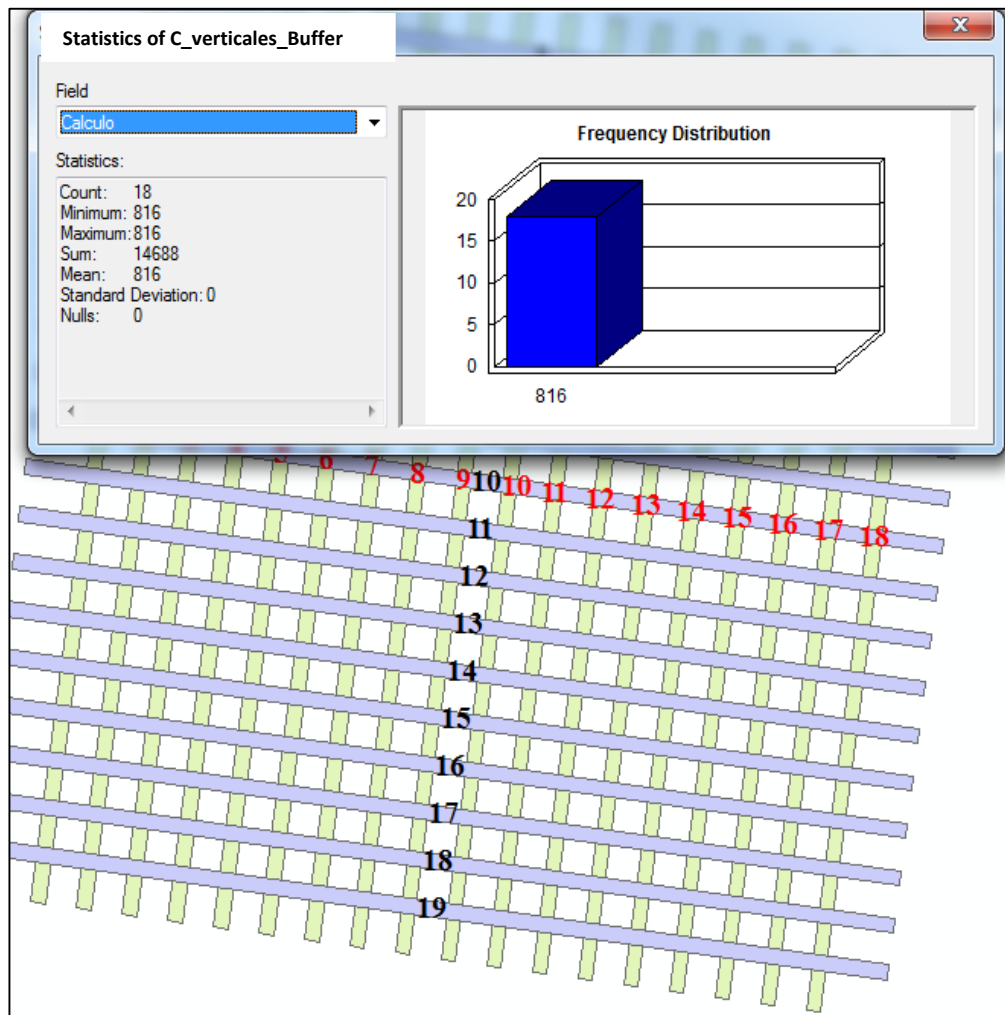
**Figura 38.** Cálculo de volumen en toneladas de las cámaras horizontales labor 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego procedimos a realizar el cálculo de los volúmenes de explotación por día, mes y año para las cámaras verticales (ver figura 39), en la cual nos arroja un valor de 14, 688.00 toneladas, siguiendo la siguiente expresión.

$$>Dis\_C\_Explo < * >Altura < * >Ancho < * >Dens\_Carb < = 816$$

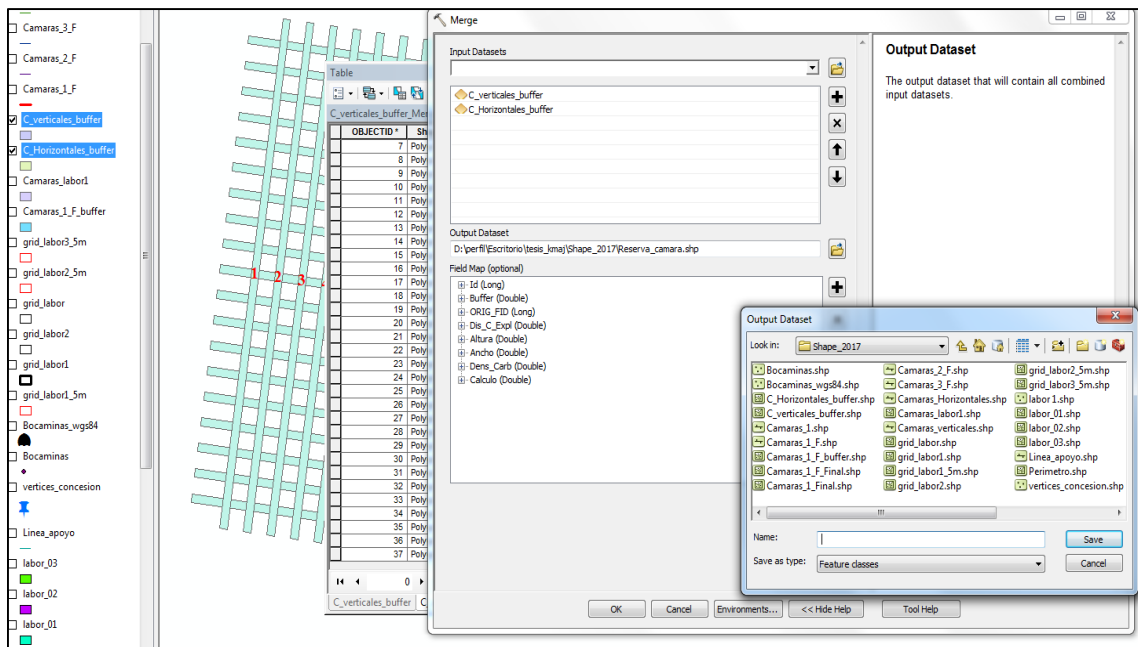
$$816 * \text{número de cámaras (18)} = 14,688 \text{ toneladas/cámara.}$$





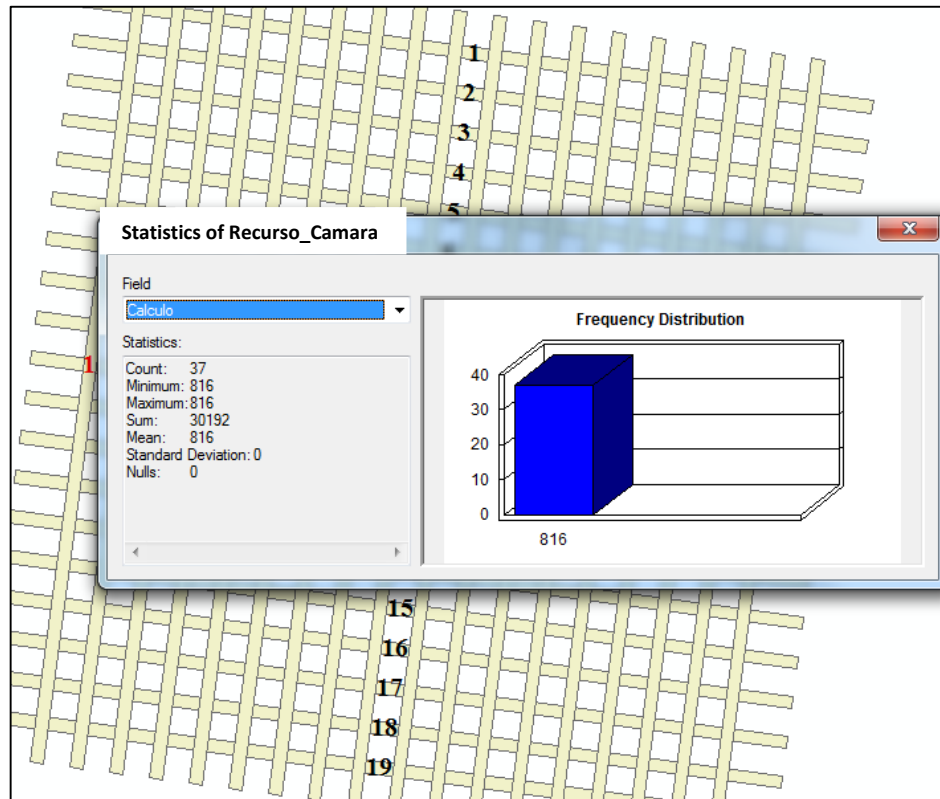
**Figura 39.** Cálculo de volumen en toneladas de las cámaras verticales labor 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Se procedió a utilizar la herramienta **<Merge>**, la cual unirá ambos **Shapefiles** tanto las cámaras de explotación vertical como horizontal para obtener así el valor total de las recursos y saber cuántos años de vida útil se podrá explotar en la labor 1, se sigue los siguientes pasos: **<Merge>** se nos abre un cuadro de diálogo en el cual ingresaremos los datos de las cámaras en **>Input Datasets<**, luego en **>Output Dataset<** se direcciona el lugar donde se guardará el nuevo **Shapefile** que se obtendrá al presionar **OK** (ver figura 40).



**Figura 40.** Uso de la herramienta <Merge> labor 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego realizamos el cálculo de total de toneladas correspondiente a las cámaras verticales como horizontales siguiendo la siguiente expresión (ver figura 41):  
 >15, 504.00 toneladas/cámara< + >14, 688.00 toneladas/cámara< = 30, 192.00 toneladas/cámara.



**Figura 41.** Cálculo de la suma total de toneladas/ cámara labor 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Finalmente se obtuvo el tiempo de vida de la labor 1 siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{>Suma\_CV\_CH> / >P\_año< = 16.128205 \text{ (ver figura 42)}$$

Como resultado **16 años** de vida.

FID	Shape*	Id	Buffer	ORIG_FID	Dis_C_Expl	Altura	Ancho	Dens_Carb	Calculo
0	Polygon	1	1.6	0	200	1.7	1.6	1.5	816
1	Polygon	2	1.6	1	200	1.7	1.6	1.5	816
2	Polygon	3	1.6	2	200	1.7	1.6	1.5	816
3	Polygon	4	1.6	3	200	1.7	1.6	1.5	816
4	Polygon	5	1.6	4	200	1.7	1.6	1.5	816
5	Polygon	6	1.6	5	200	1.7	1.6	1.5	816
6	Polygon	7	1.6	6	200	1.7	1.6	1.5	816
7	Polygon	8	1.6	7	200	1.7	1.6	1.5	816
8	Polygon	9	1.6	8	200	1.7	1.6	1.5	816
9	Polygon	10	1.6	9	200	1.7	1.6	1.5	816
10	Polygon	11	1.6	10	200	1.7	1.6	1.5	816
11	Polygon	12	1.6	11	200	1.7	1.6	1.5	816
12	Polygon	13	1.6	12	200	1.7	1.6	1.5	816

Suma_CV_CH	P_día	Día_traba	P_semanal	Seman_trab	P_mes	P_año	TIEMPO_VID
30192	13	3	39	4	156	1872	16.128205

**Figura 42.** Cálculo del tiempo de vida de la labor 1.  
**Fuente:** Elaboración propia. (2017)

## Calculo de la labor 2

Se tiene la siguiente información de campo:

Altura de la labor 1.7 metros.

Ancho de la labor 1.6 metros.

La explotación de antracita es de 3 días a la semana.

Se explota 7 toneladas diarias.

Densidad de carbón antracita 1.5 gr/cm<sup>3</sup>.

Largo del manto a explotar 200 metros.

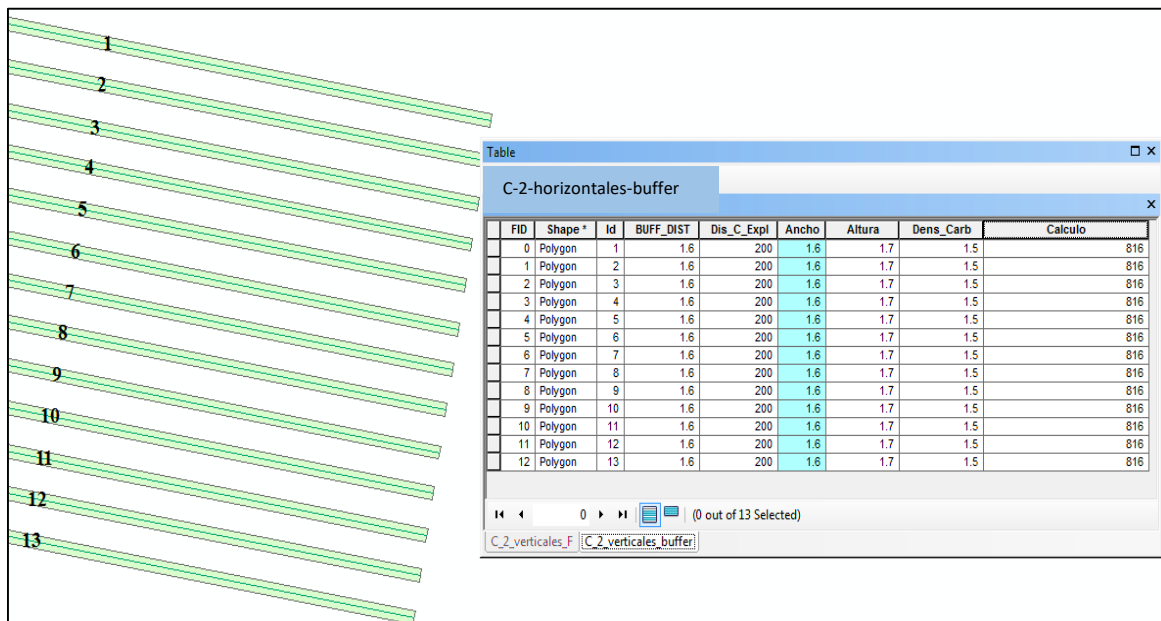
Ancho del manto a explotar 120 metros

Cámaras verticales 20.

Cámaras horizontales 13.

## Procedimos a realizar el cálculo de recursos en el Sistema de Información Geográfico.

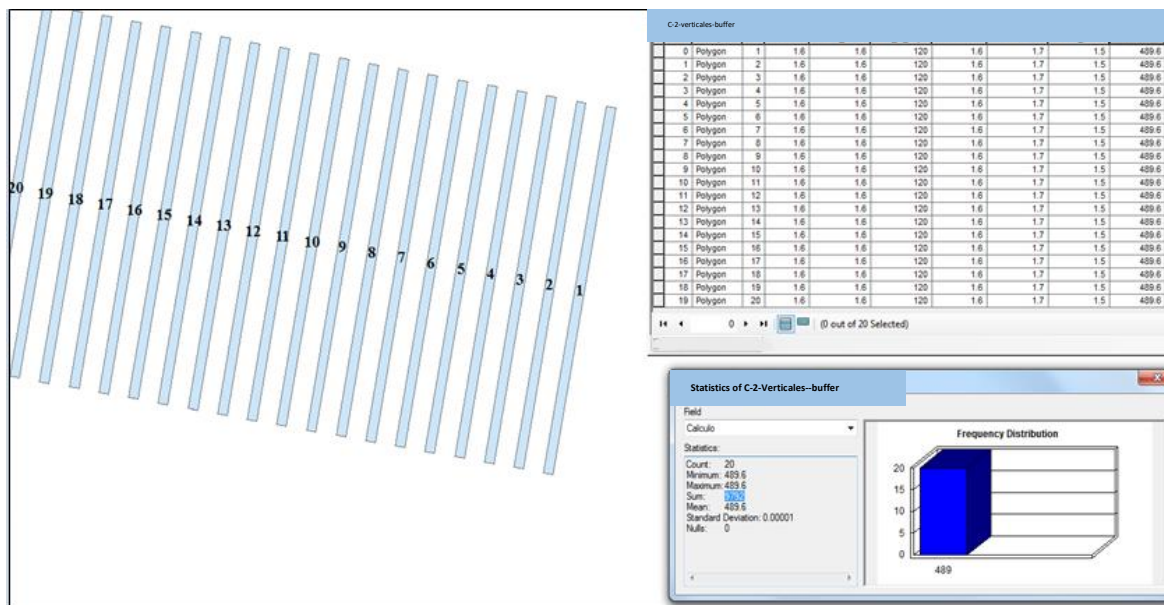
Se inició con el software ArcGIS y ArcSecene, para ingresar los datos validados de campo para lo cual se tuvo que ingresar toda la información a la base de datos como se muestra en la Figura 43 y 44, tanto de las cámaras verticales como horizontales.



The screenshot displays a map on the left with 13 numbered camera locations (1-13) marked as green polygons. On the right, a data table window titled "C-2-horizontales-buffer" is open, showing the following data:

FID	Shape*	Id	BUFF_DIST	Dis_C_Expl	Ancho	Altura	Dens_Carb	Calculo
0	Polygon	1	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
1	Polygon	2	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
2	Polygon	3	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
3	Polygon	4	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
4	Polygon	5	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
5	Polygon	6	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
6	Polygon	7	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
7	Polygon	8	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
8	Polygon	9	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
9	Polygon	10	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
10	Polygon	11	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
11	Polygon	12	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816
12	Polygon	13	1.6	200	1.6	1.7	1.5	816

**Figura 43.** Ingreso de la información de las cámaras verticales y horizontales de la labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

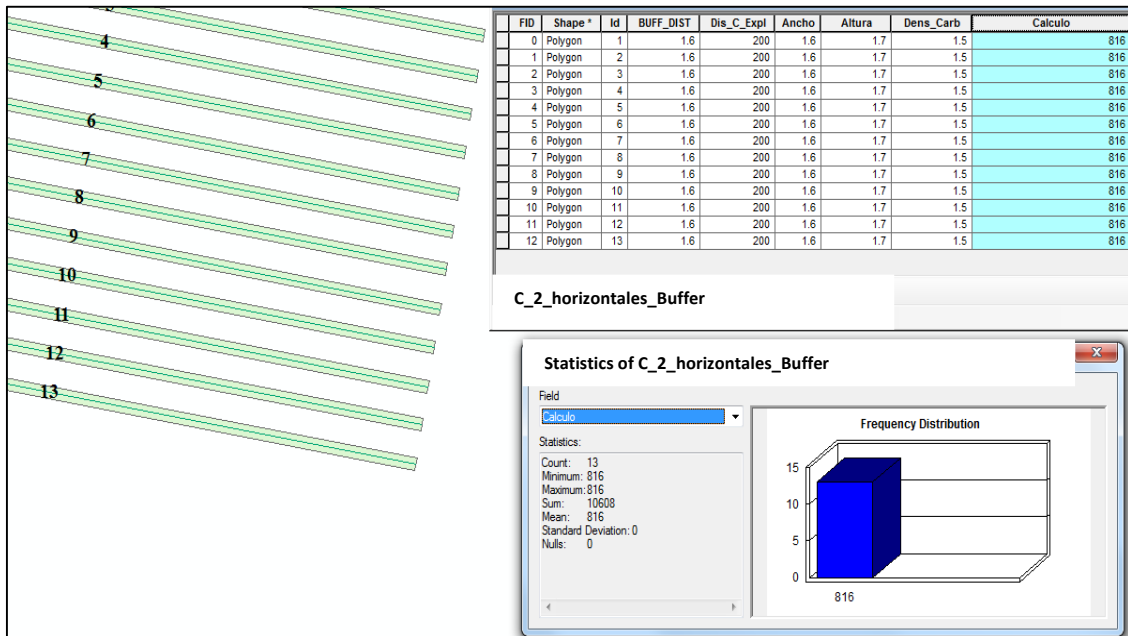


**Figura 44.** Ingreso de la información de las cámaras verticales y horizontales de la labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Después de realizó el cálculo de los volúmenes de explotación por día, mes y año para las cámaras horizontales (ver figura 45), en la cual nos arroja un valor de 10, 608.00 toneladas, siguiendo la siguiente expresión:

$$>Dis\_C\_Explo< * >Altura< * >Ancho< * >Dens\_Carb< = 816$$

$$816 * \text{número de cámaras (13)} = 10, 608.00 \text{ toneladas/cámara. (ver figura 45)}$$

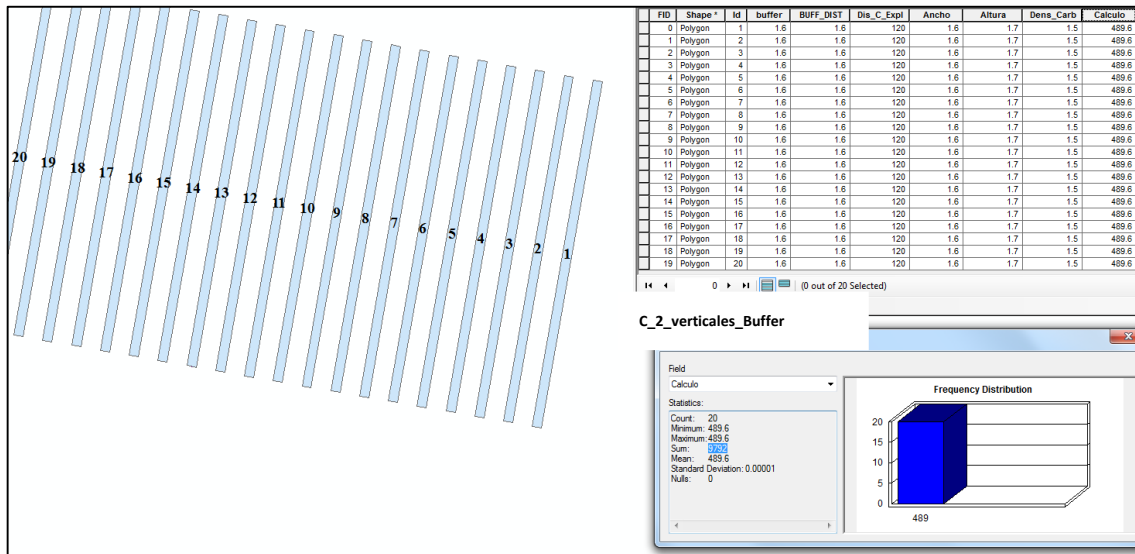


**Figura 45.** Cálculo del volumen en toneladas de las cámaras horizontales labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego se procedió a realizar el cálculo de los volúmenes de explotación por día, mes y año para las cámaras verticales (Ver Figura 48), en la cual nos arroja un valor de 9 792 toneladas en las cámaras verticales, siguiendo la siguiente expresión.

$$>Dis\_C\_Explo< * >Altura< * >Ancho< * >Dens\_Carb< = 489.6$$

489.6 \* número de cámaras (20) = 9,792.00 toneladas/cámara. (Ver Figura 46)

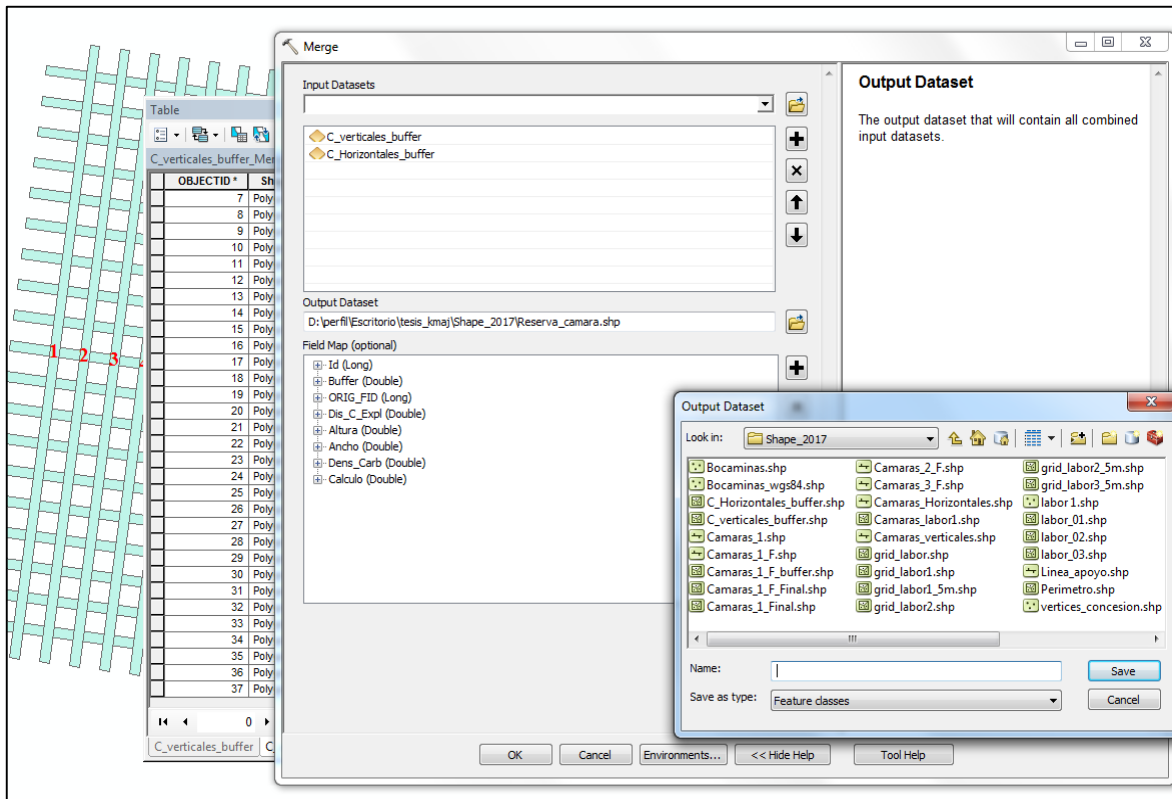


**Figura 46.** Calculo del volumen en toneladas de las cámaras verticales de la labor 2.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Después se procedió a utilizar la herramienta **<Merge>**, la cual unió ambos **Shapefiles** tanto las cámaras de explotación vertical como horizontal para obtener así el valor total de los recursos y saber cuántos años de vida útil se podrá explotar la labor 2, se sigue los siguientes pasos: **<Merge>** se nos abre un cuadro de diálogo en el cual ingresaremos los datos de las cámaras en **>Input Datasets<**, luego en **>Output Dataset<** se direcciona el lugar donde se guardara el nuevo **Shapefile** que se obtendrá al presionar **OK**.(ver figura 47)



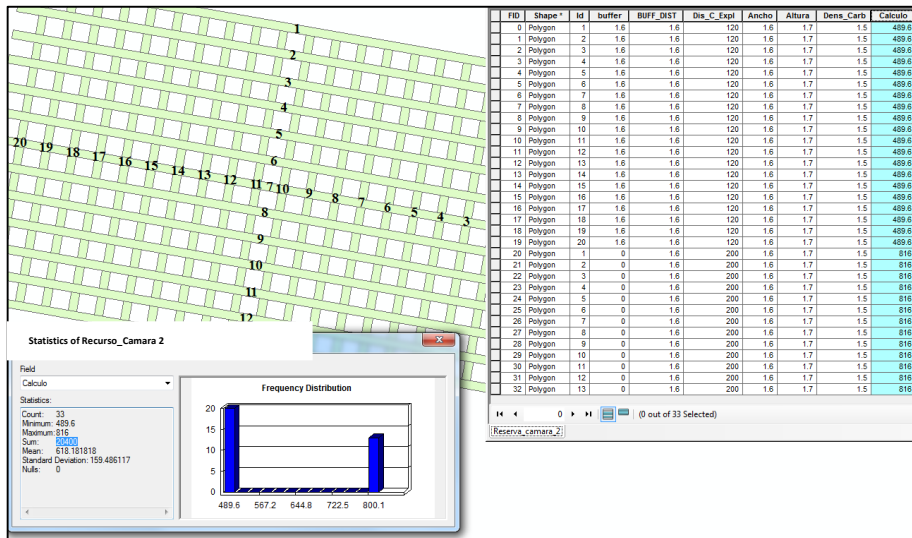


**Figura 47.** Uso de la herramienta <Merge> labor 2.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego se realizó el cálculo de total de toneladas correspondiente a las cámaras verticales como horizontales siguiendo la siguiente expresión (ver figura 48):

$$>10\ 608\ \text{toneladas/cámara}< + >9\ 792\ \text{toneladas/cámara}< = 20,\ 400.00\ \text{toneladas/cámara.}$$

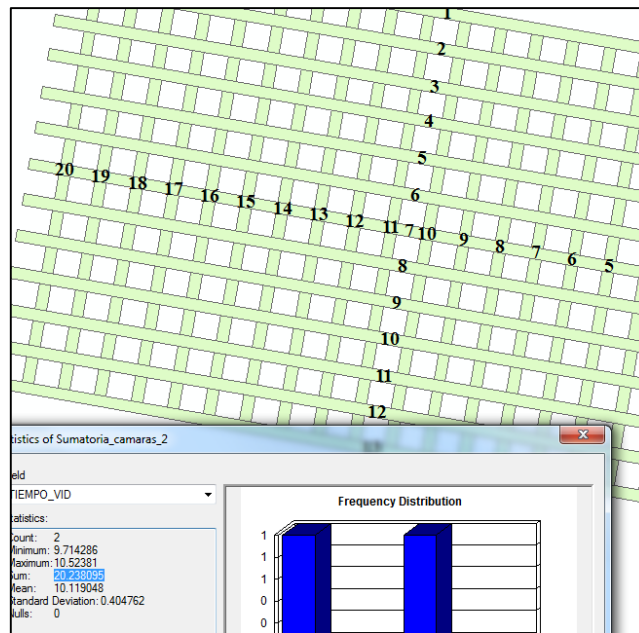


**Figura 48.** Cálculo de la suma total de toneladas/cámara labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Finalmente se obtiene el tiempo de vida de la labor 2 siguiendo la siguiente expresión:

$$\text{>Suma\_CV\_CH<} / \text{>P\_año<} = 20.238095 \text{ (ver figura 49 y 50)}$$

Traducido a **20 años** de vida.



**Figura 49.** Cálculo del tiempo de vida de la labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

FID	Shape *	Id	buffer	BUFF_DIST	Dis_C_Expl	Ancho	Altura	Dens_Carb	Calculo
0	Polygon	1	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
1	Polygon	2	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
2	Polygon	3	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
3	Polygon	4	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
4	Polygon	5	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
5	Polygon	6	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
6	Polygon	7	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
7	Polygon	8	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
8	Polygon	9	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
9	Polygon	10	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
10	Polygon	11	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
11	Polygon	12	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
12	Polygon	13	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6
13	Polygon	14	1.6	1.6	120	1.6	1.7	1.5	489.6

Suma_CV_CH	P_día	Día_traba	P_semanal	Seman_Trab	P_mes	P_año	TIEMPO VID
9792	7	3	21	4	84	1008	9.714286
10608	7	3	21	4	84	1008	10.52381

**Figura 50.** Cálculo del tiempo de vida de la labor 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

### Calculo de la labor 3

Se tiene la siguiente información de campo:

Altura de la labor 2.0 metros.

Ancho de la labor 1.9 metros.

La explotación de antracita es de 3 días a la semana.

Se explota 7 toneladas diarias.

Densidad de carbón antracita 1.5 gr/cm<sup>3</sup>.

Largo del manto a explotar 200 metros.

Ancho del manto a explotar 120 metros

Cámaras verticales 20.

Cámaras horizontales 15.

Se procedió a realizar el cálculo de recursos en el Sistema de Información Geográfico.

Se inició con el software ArcGIS y ArcSecene, para ingresar los datos validados de campo para lo cual se ha tenido que ingresar toda la información a la base de datos como se muestra en la figura 51 y Figura 52, tanto de las cámaras verticales como horizontales.

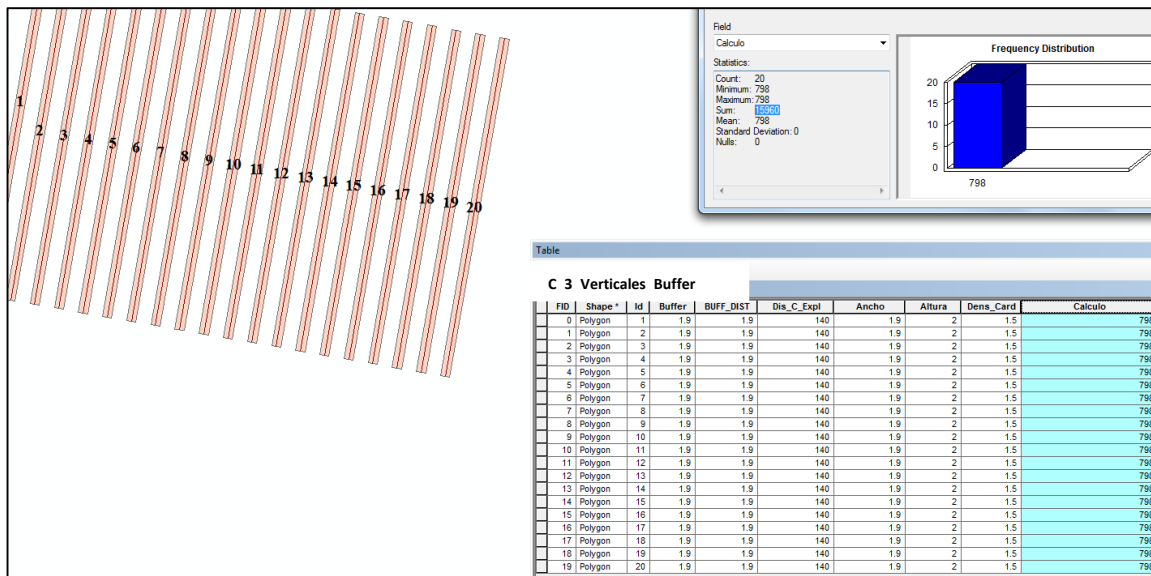
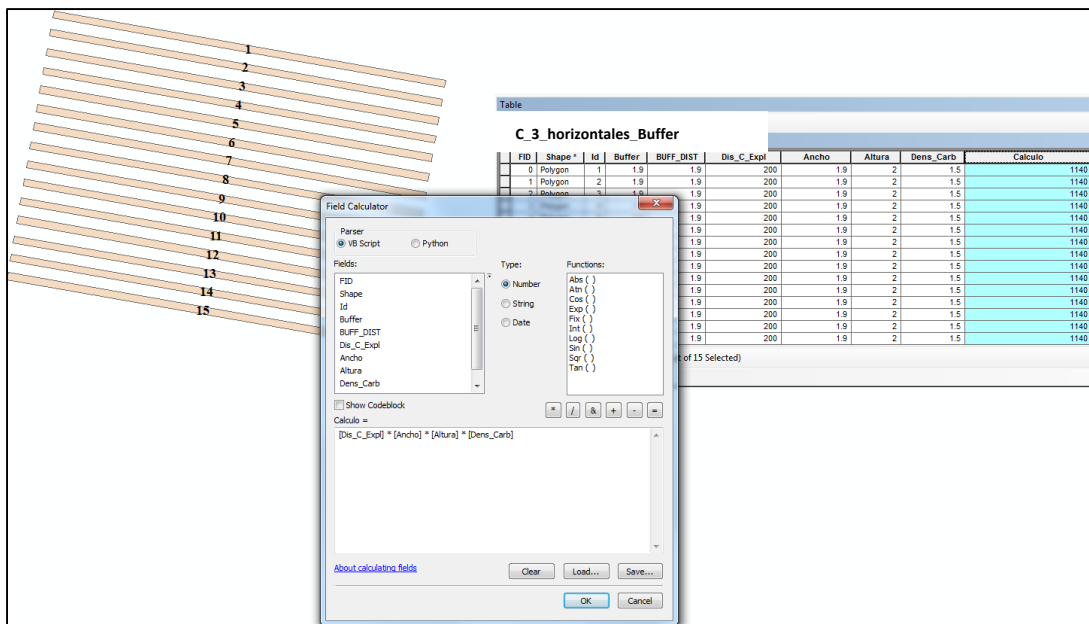


Figura 51. Ingreso de la información de las cámaras horizontales en labor 3.

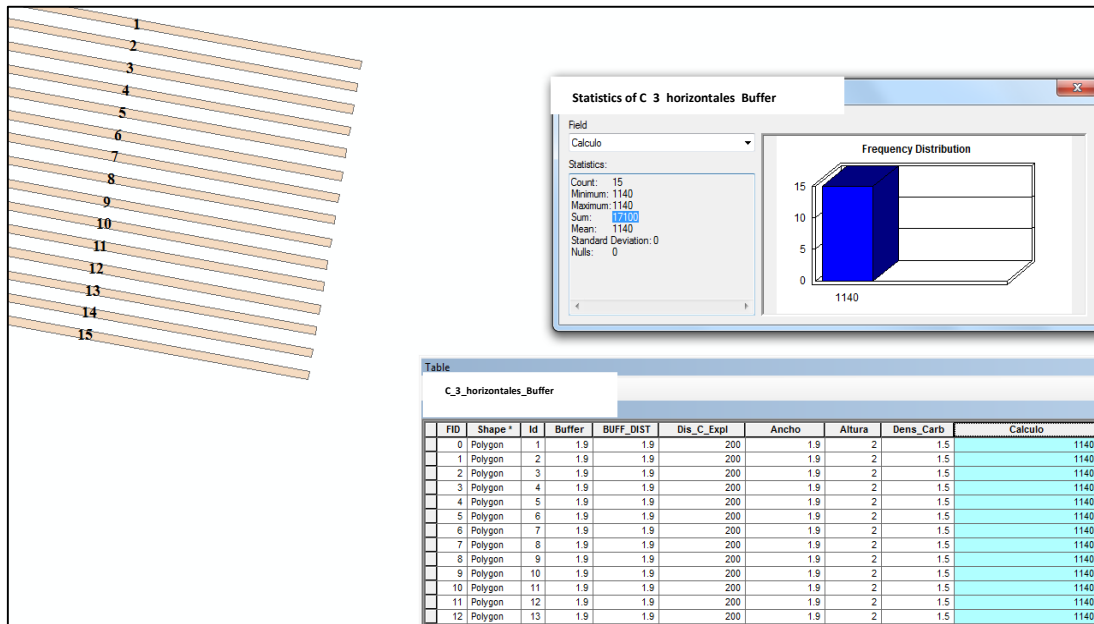
Fuente: Elaboración propia, 2017.



**Figura 52.** Ingreso de la información de las cámaras verticales en labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego procederemos a realizar el cálculo de los volúmenes de explotación por día, mes y año para las cámaras horizontales (ver figura 53), en la cual nos arroja un valor de 17, 100.00 toneladas, siguiendo la siguiente expresión: >Dis\_C\_Expl< \* >Altura< \* >Ancho< \* >Dens\_Carb< = 1,140.00.

1,140.00 \* número de cámaras (15) = 17, 100.00 toneladas/cámara.  
 (ver figura 53)

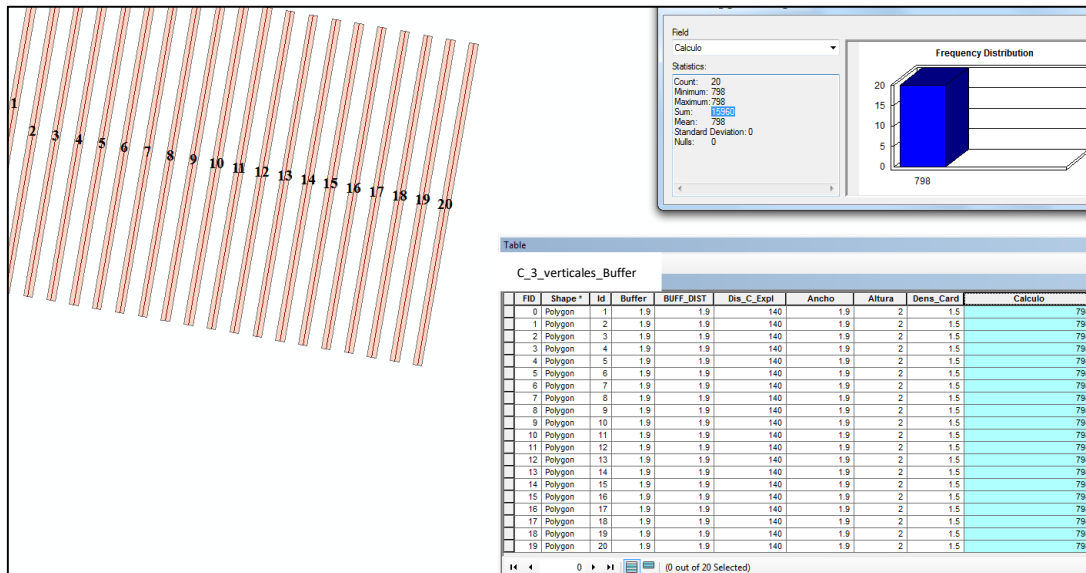


**Figura 53.** Calculo del volumen en toneladas de las cámaras horizontales de la labor 3.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Luego se procedió a realizar el cálculo de los volúmenes de explotación por día, mes y año para las cámaras verticales (ver figura 54), en la cual nos arroja un valor de 15,960.00 toneladas, siguiendo la siguiente expresión.

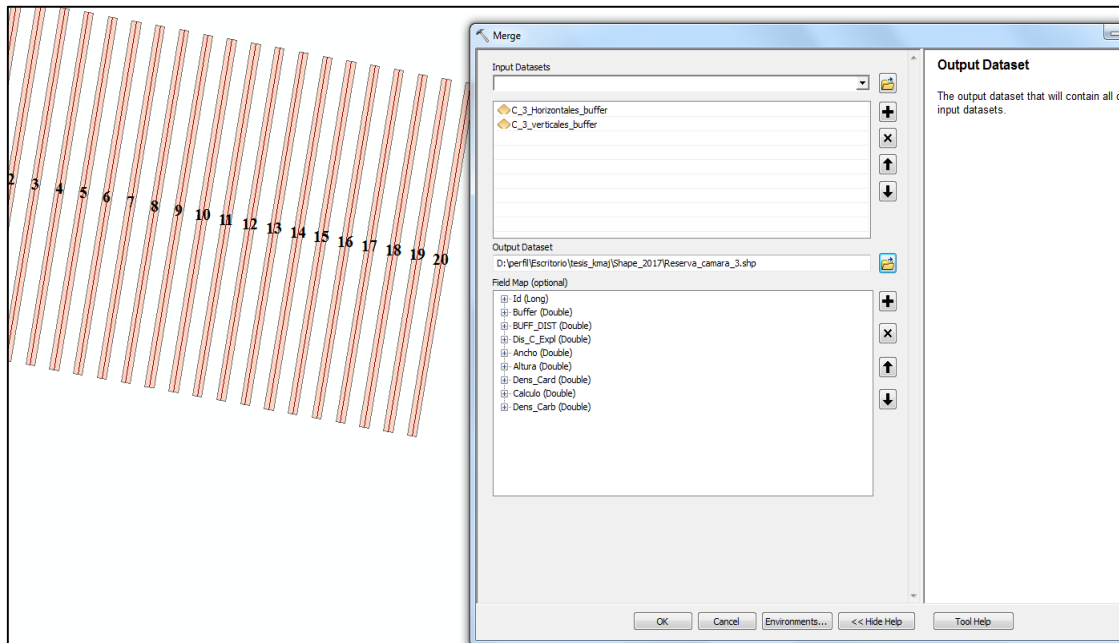
$$\text{>Dis\_C\_Explo<} * \text{>Altura<} * \text{>Ancho<} * \text{>Dens\_Carb<} = 798$$

798 \* número de cámaras (20) = 15,960.00 toneladas/cámara. (ver figura 54)



**Figura 54.** Calculo de volumen en toneladas de las cámaras verticales de la labor 3.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Después se procedió a utilizar la herramienta **<Merge>**, la cual unió ambos **Shapefiles** tanto las cámaras de explotación vertical como horizontal para obtener así el valor total de los recursos y saber cuántos años de vida útil se podrá explotar la labor 3, se siguió los siguientes pasos: **<Merge>** se abrió un cuadro de diálogo en el cual ingresamos los datos de las cámaras en **>Input Datasets<**, luego en **>Output Dataset<** se direcciona el lugar donde se guardara el nuevo **Shapefile** que se obtendrá al presionar **OK**. (ver figura 55)

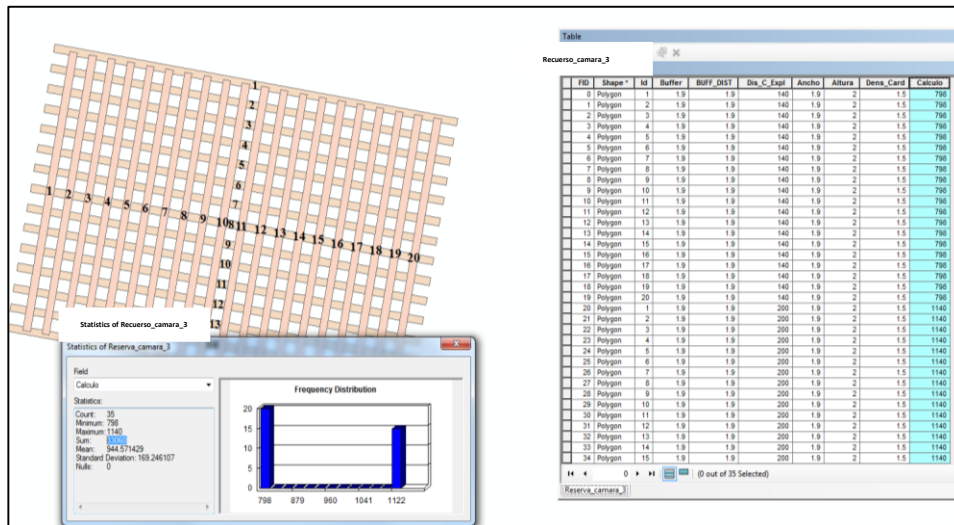


**Figura 55.** Uso de la herramienta <Merge> labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia. (2017)

Luego se realizó el cálculo de total de toneladas correspondiente a las cámaras verticales como horizontales siguiendo la siguiente expresión (ver figura 56):

$$\text{>17,100.00 toneladas/cámara<} + \text{>15,960.00 toneladas/cámara<} = 33,060.00 \text{ toneladas/cámara.}$$



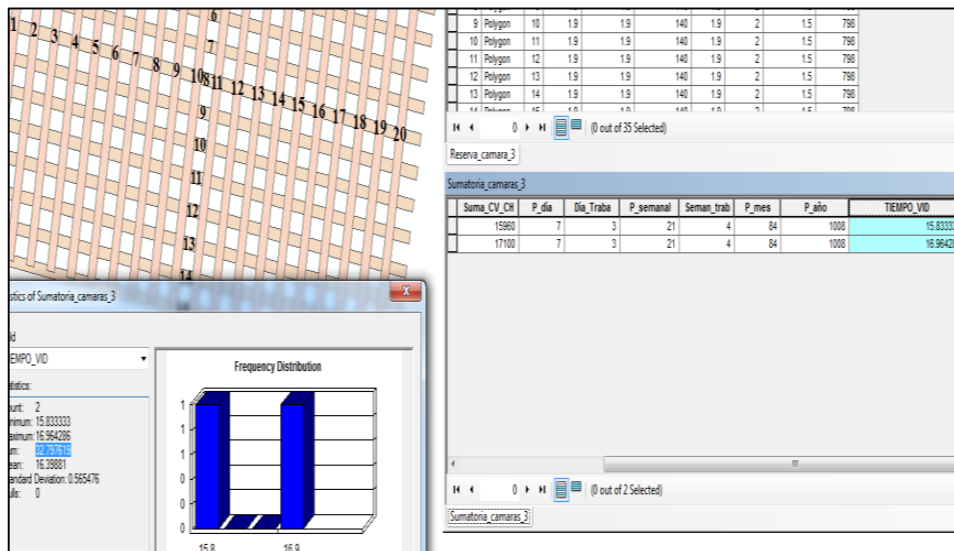


**Figura 56.** Cálculo de la suma total en toneladas/cámara labor 3.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

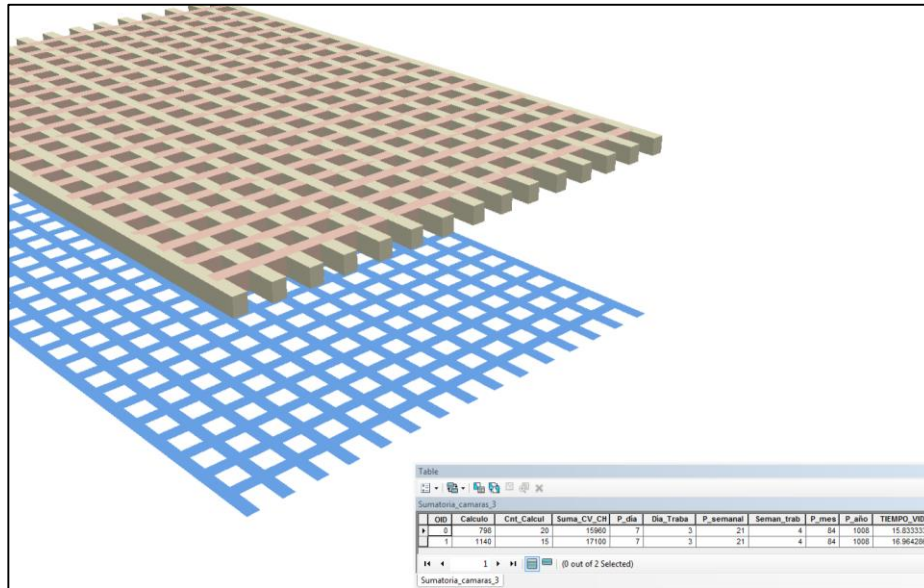
Finalmente se obtendrá el tiempo de vida de la labor 3 siguiendo la siguiente expresión

$$\text{>Suma\_CV\_CH> / >P\_año< = 33,060.00 (ver figura 57 y figura 58)$$

Traducido a **33 años** de vida.



**Figura 57.** Cálculo del tiempo de vida de la labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.



**Figura 58.** Cálculo del tiempo de vida de la labor 3  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

Finalizada la interpretación de la información en el Sistema de Información Geográfico de cada una de las labores y haber obtenido los resultados adecuados con una buena interpretación de los datos y la buena manipulación de ellos, se tendrá un resumen de toda la información procesada (ver figura 59), y luego procesemos hacer una suma total de las tres labores para obtener el tiempo de vida si se realiza el minado de labor por labor (ver figura 60).

### Labor 1

Labor 1: **30,192.00 tn**

>Suma\_CV\_CH> / >P\_año< = 16.128205 (Ver Figura 44)

Traducido a **16 años de vida.**

## **Labor 2**

Labor 2: **20,400.00 tn**

$\frac{\text{Suma\_CV\_CH}}{\text{P\_año}} = 20.238095$  .(Ver Figura 51 y 52)

Traducido a **20 años de vida.**

## **Labor 3**

Labor 3: **33,060.00 tn**

$\frac{\text{Suma\_CV\_CH}}{\text{P\_año}} = 33,060.00$  .(Ver Figura 59 y  
Figura 60)

Traducido a **33 años de vida.**

Se concluye que el Tiempo de vida de las tres labores si se trabaja o explota una por una.

**69.166319 = 69 años.**

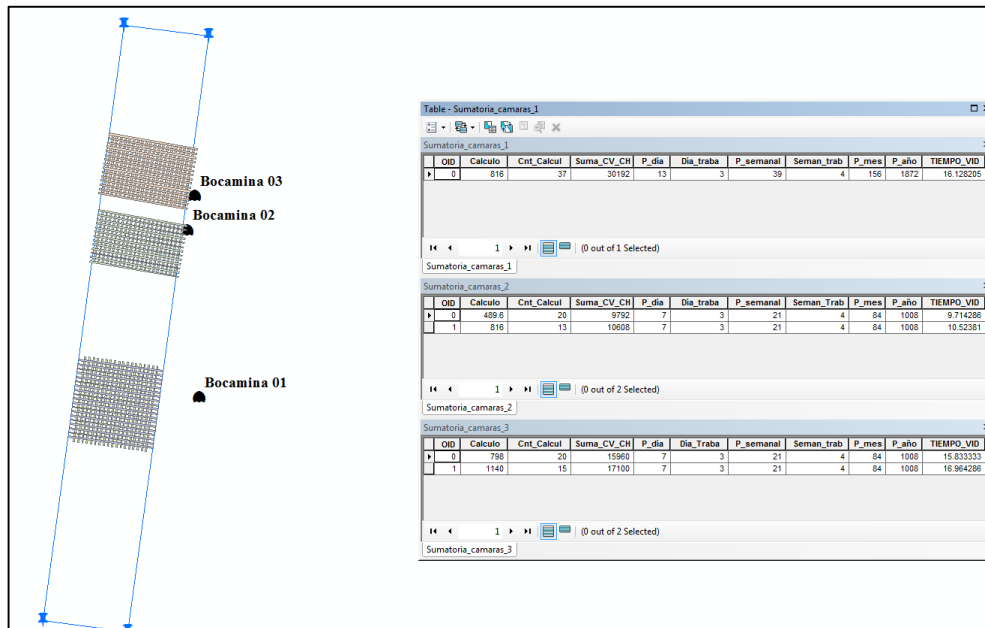


Figura 59. Resumen del tiempo de vida de cada labor.  
Fuente: Elaboración propia, 2017.

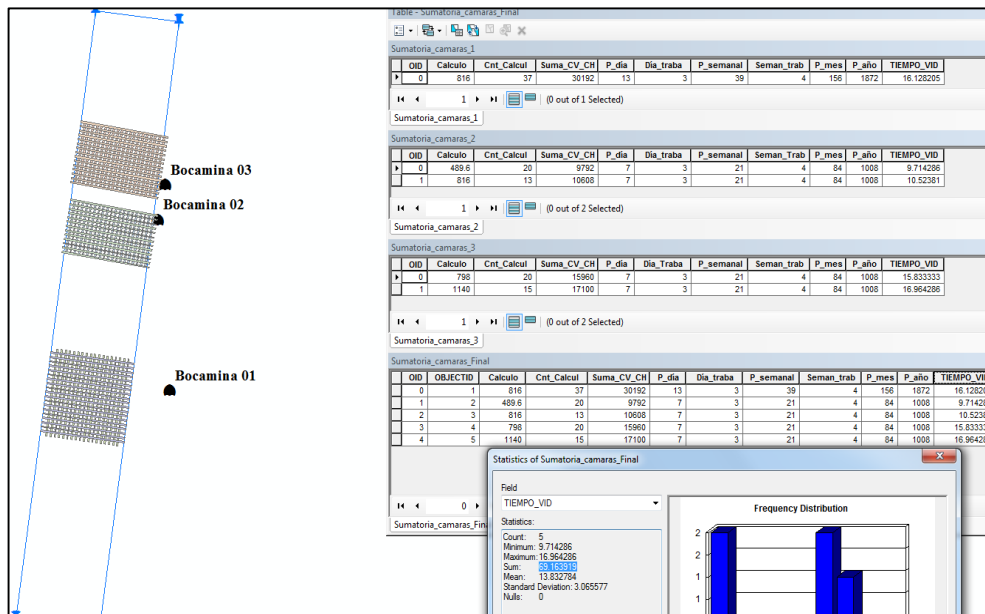


Figura 60. Tiempo de vida de la suma de las 3 labores de carbón antracita.  
Fuente: Elaboración propia, 2017.

## CONCLUSIONES

Se logró realizar un Análisis Geoespacial confiable y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de Recursos de Carbón (Antracita) en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017. La cual se muestran en toneladas; Labor 1 es de 30,192.00 tn, labor 2 de 20,400.00 tn y labor 3 de 33, 060.00 tn. Y en años de vida de 16 años, 20 años y 33 años respectivamente. Los resultados obtenidos para la minera Mi Grimaldina 1, ayudaran a la toma de decisiones de los administradores, el cual disminuye el tiempo, dinero y lograr mejores resultados.

Se obtuvo la elaboración de un modelo geoespacial mediante el uso de Sistemas de Información Geográfico para la estimación de recursos de carbón (Antracita), en la concesión minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, el cual se tuvo que tener un conocimiento a nivel intermedio del software ArcGIS.

Finalmente se logró establecer dicho modelo para ser utilizado en el Sistema de Información Geográfico y ser una herramienta para el cálculo de recursos de carbón (Antracita), en la concesión minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata.

## RECOMENDACIONES

A los ingenieros de Minas tomen interés en los Sistemas de Información Geográfico e informarse de la potencialidad de estos sistemas y explotarlos a su máxima capacidad dándole el interés adecuado, para apoyar de manera adecuada a la toma de decisiones, de manera óptima y rápida.

A la concesión Mi Grimaldina 1, se le recomienda revisar los resultados obtenidos, para ayudar a la mejor toma de decisiones de la parte administrativa.

Se le recomienda a la empresa CARBOJHOLAY dar la oportunidad a tesisistas que elaboren proyectos de investigación en el tema abordado en la presente tesis para ser comparación de resultados obtenidos mediante softwares diferentes.

## Referencias Bibliográficas

Alcántara, J. (2015), Caracterización Hidromorfométrica de la Microcuenca Puyllucana, Baños Del Inca, Cajamarca, mediante la aplicación de ArcGIS. (Tesis de Bachillerato). Cajamarca - Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperada de [repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/102](http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/102)

Bremes, C. (2016). Sistemas De Información Geográfica. Recuperado de <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/sistemasi nfgeog.pdf>.

Cabrejos, M. (2016). Modelamiento Geoespacial en la determinación del Riesgo, Vulnerabilidad y de la Cuantificación de la Erosión Hídrica en la Microcuenca del Rio Atuen – Amazonas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream /han dle/UNALM/1951/P36-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed= y>

Cañar, P. (2013). Análisis, diseño e implementación de un sistema de información geográfica para la gestión territorial de las vías en el gobierno autónoma descentralizado municipal del cantón Cuenca. (Tesis de Bachillerato). Recuperado de <http://dspace. ups .edu.ec/bitstream/123456789/5149/1/UPS-CT002729.pdf>

Camacho, C. & Caceres, D. (2013). Informe de monografía sobre métodos de explotación. Recuperado de <http://repositorio CAMARAS%20Y%20PILARES.pdf>

Chávez, D. & Chiza, L. (2014). Sistema de Información Geográfica (SIG) Aplicada al Catastro de Áreas atendidas por el Instituto de Autosuficiencia Agrícola, en la Provincia de Imbabura. Recuperada de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3446>

ESRI (2017). Software ArcGIS. Recuperado de <http://www.arcgis.com/features/features.html>.

Fernández, T (2014). Componentes y de los Sistemas de Información Geográfico. Recuperado de [http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/27934/6/TFMFernandez\\_Vicente.pdf](http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/27934/6/TFMFernandez_Vicente.pdf)

García, J. (2013). La evaluación de los de yacimientos minerales \_ cálculo de reservas. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91608/D-70049.pdf>

Gelover, M. (2012). Estimación de recursos y reservas con datamine studio 3.0 del yacimiento Bismark. (Tesis de Bachillerato). México - México. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Recuperada de <http://www.ptolomeo.unam.mx:808/jspui/bitstream/132.248.52.100/2007/1/Tesis.pdf>

Godoy, M. (2009). Estimación de Reservas. Golder Associates. Recuperado de <http://www./Estimacion%20de%20Recursos%20-%20Marcelo%20Godoy.pdf>

Gonzales, M. & Velásquez, J. (2012). Explotación de un Cuerpo Mineralizado por Subniveles con Taladros Largos en la 1 Unidad de Producción Uchucchacua. (Tesis de Bachiller). Universidad de Huancavelica. HUANCAVELICA- PERU. Recuperado de



<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/589/TP%20-%20UNH%20MINAS%200007.pdf?sequence=1>

Gutierrez, H. (2011). ArcGIS – Ventajas y desventajas. Recuperado de <https://sites.google.com/site/sigarcgis/home/desventajas>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). Sistema de Información Geográfica, Recuperada de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>

Lucioni, N. (2014). Sistemas de Información Geográfico, recuperado de [http://www.siiia.gob.ar/joomla\\_files/images/mapas/ManualSIG.pdf](http://www.siiia.gob.ar/joomla_files/images/mapas/ManualSIG.pdf)

Núñez, P & Garay J. (2012). Tecnología sobre el Carbón. Recuperado de <https://es.slideshare.net/guest102e86/carbon-presentation>.

Paez, J. (2013). Características del Carbón. Recuperado de [https://prezi.com/4a\\_ing5xooaf/explotacion-de-carbon-mineral/](https://prezi.com/4a_ing5xooaf/explotacion-de-carbon-mineral/)

Pascual, M. (2014). Cocientes Metálicos y Cálculo de Reservas Minerales de la Veta Cinthia -Proyecto Minero Caracol S.A.C.-Barranca-Lima. (Tesis de Bachillerato). Puno – PERÚ 2014. Recuperada de [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2372/Morales\\_Catata\\_Pascual\\_Baylon.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2372/Morales_Catata_Pascual_Baylon.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pineda J. (2012). Uso De Los Sistemas De Información Geográfica En La Ingeniería Civil (Tesis De Bachillerato) México D.F\_2012. Recuperada de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2498/Tesis.pdf.pdf?sequence=1>

Petersen, P (2014). Evaluación y Clasificación de Recursos Minerales en la Veta Ramal Techo, Unidad de Ticlio, Volcán CÍA. Minera, Junín – Perú. (Tesis de Bachillerato). Lima – Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperada de <http://www.cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/3835/1/PeAplicaciónpdf>

Puerta, R.; Rengifo, J. y Bravo, N. (2011). ArcGis Básico. Lima – Lima. Universidad Nacional de la Agraria de la Selva. Recuperada de <http://www.arcgeek.com/descargas/MA10B.pdf>

RAÚL, R. (2015). Evaluación Técnico Económica del Minado por Sub-Niveles con Taladros Largos en Mantos-en la U.E.A. Colquijirca Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Recuperado de [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/997/Tesis%20M759\\_Sul.pdf?sequence=1](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/997/Tesis%20M759_Sul.pdf?sequence=1)

Rebufello, B. (2012), Aplicaciones de los Sistemas de Información Geografico. Recuperado de <https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/sig/clases/Generalidades160812.pdf>

Ruíz, Y. (2015). Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales. (Tesis de Bachillerato). Piura - Piura. Universidad Nacional de Piura. Recuperada de [http://www.remin.com/download/MONOGRAFIA\\_de\\_TESIS\\_Ing\\_Minas\\_Yhonny\\_Ruiz.pdf](http://www.remin.com/download/MONOGRAFIA_de_TESIS_Ing_Minas_Yhonny_Ruiz.pdf)

Tituana, K. (2014). Modelo de Bloques del Depósito de Cobre ESPOL-X para la Selección del Método de Explotación Minera Utilizando Herramientas Informáticas. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91608/D-70049.pdf>

Velarde, V. (2016). Estimación de Reservas Minerales y Propuesta de Diseño Preliminar de Explotación del Bloque 2 del sector "X7" Mina LAS PARALELAS utilizando herramientas informáticas. (Tesis de Bachillerato). Guayaquil – Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Recuperada de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97412/D-CD70204.pdf>

Vega, A. (2013). Cálculo de reservas de la veta "Paraíso" mina Paraíso\_ Distrito Ponce Eniquez. (Tesis de Bachillerato). Guayaquil – Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperada de [http://www.TESIS%20DE%20GRADO%20GEOLOG%C3%80%20ARMANDO%20VEGA%20\(2\).pdf](http://www.TESIS%20DE%20GRADO%20GEOLOG%C3%80%20ARMANDO%20VEGA%20(2).pdf)

## **ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de Consistencia

**Tabla 11. Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, Piñipata, Cajamarca, 2017.**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA, TÉCNICA E INSTRUMENTO
<p><b>PRINCIPAL</b></p> <p>¿Cómo realizo la aplicación del Análisis Geoespacial y el uso de Sistemas de Información Geográfico para el cálculo de Recursos de Carbón Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017?</p> <p><b>SECUNDARIO</b></p> <p>¿Cuánto es el cálculo de Recursos de carbón con el Análisis Geoespacial mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfico en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017?</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Realizar un Análisis Geoespacial y uso de Sistemas de Información Geográfico para el Cálculo de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <p>Elaborar del Análisis Geoespacial mediante el uso de Sistemas de Información Geográfico para la Estimación de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.</p> <p>Establecer el Análisis Geoespacial con el uso de los sistemas de Información Geográfica para el cálculo de recursos de carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>El Análisis Geoespacial y el uso de Sistemas de Información Geográfico apoyarán el cálculo de recursos de carbón en la concesión minera Mi Grimaldina 1, en el caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca, en el año 2017.</p> <p><b>SECUNDARIAS</b></p> <p>La elaboración del Análisis Geoespacial mediante el uso de Sistemas de Información Geográfico mejorará la Estimación de Recursos de Carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.</p> <p>Al establecer el Análisis Geoespacial con el uso de los sistemas de Información Geográfico se implementará para el cálculo de recursos de carbón en la Concesión Minera Mi Grimaldina 1, en el Caserío de Piñipata, departamento de Cajamarca en el año 2017.</p>	<p><b>V.1</b></p> <p>Análisis Geoespacial y uso Sistemas de Información Geográfico</p> <p><b>V.2</b></p> <p>Calculo de Recursos de carbón de de</p>	<p><b>Tipo:</b> Transversal</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo</p> <p><b>Método:</b> Inductivo</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental</p> <p><b>Población:</b></p> <p>Estará representada por el yacimiento de carbón que pertenece a la concesión minera Mi Grimaldina 1.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>Estará representada por el yacimiento de carbón en el año 2017 que pertenece a la concesión minera Mi Grimaldina 1.</p> <p><b>Técnica:</b> entrevista</p> <p><b>Instrumento:</b> Encuesta.</p>

Fuente: Elaboración Propia, 2017.



Anexo 2:

Encuesta para el encargado.

## UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

**ANÁLISIS GEOESPACIAL Y USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO PARA EL CALCULO DE RECURSOS DE CARBÓN EN LA CONCESIÓN MINERA MI GRIMALDINA 1, PIÑIPATA, CAJAMARCA, 2017.**

### ENCUESTA PARA ENCARGADO DEL YACIMIENTO MINERO MI GRIMALDINA 1

**INSTRUCCIÓN:** Estimado(a), tu opinión acerca de la forma como se trabaja en la concesión minera Mi Grimaldina 1, es muy importante para poder realizar la aplicación del Software ARCGIS para la estimación de recursos de Carbón. A continuación, se presentan algunas preguntas, responder con la mayor objetividad posible según se le indique:

#### I. Datos Generales

##### Ubicación

DESCRIPCIÓN	LUGAR
Caserío	
Distrito	
Provincia	
Departamento	

CARACTERISTICAS GEOGRÁFICAS	
Altitud	
Latitud	
Longitud	
Superficie	

Área total del yacimiento Minero Mi Grimaldina 1 : \_\_\_\_\_

**II. Responder las siguientes preguntas:**

- a) ¿Cuál es la superficie de explotación del yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- b) ¿Cuál es el volumen de carbón explotado al día en el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- c) ¿Cuánto es el valor Neto Bruto de Carbón por día en el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- d) ¿Cuánto es el valor Neto de Carbón por día el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- e) ¿Cuántas horas al día es la explotación del yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- f) ¿Cuántos días a la semana es la explotación del yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- g) ¿Cuál es el volumen de carbón explotado por hora en el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- h) ¿Cuánto es el valor Neto Bruto de Carbón por hora en el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- i) ¿Cuánto es el valor Neto de Carbón por hora el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- j) ¿Desde qué año está siendo explotado el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_
- k) ¿Cuantos años piensa explotar el yacimiento minero Mi Grimaldina 1? \_\_\_\_\_

---

l) ¿Cuántos trabajadores tiene para explotar el yacimiento minero Mi Grimaldina 1?

---

m) ¿El carbón es un lente o estrato?

---

n) ¿El yacimiento minero Mi Grimaldina 1 cuanto es:

Toneladas de recurso de Carbón\_\_\_\_\_

Tiempo de vida útil\_\_\_\_\_

Fuente: Elaboración propia, 2017



**Anexo 3:** Trocha Carrozable hacia la zona de estudio.



**Figura 62.** Trocha Carrozable Bambamarca- Piñipata.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 4:** Puente de acceso a Mi Grimaldina 1.



**Figura 63.** Puente de acceso a Mi Grimaldina 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 5: Accesos a las labores mineras.**



**Figura 64.** Acceso a las labores mineras Mi Grimaldina 1  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 6: Plataforma de almacén en sacos de 50 Kg. de carbón.**



**Figura 65.** Plataforma de Almacén en Sacos de 50 Kg.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 7: Tomado Coordenadas del yacimiento minero.**



**Figura 66.** Tomando coordenadas del yacimiento de carbón (Labor 1)  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 8:** Tomando coordenadas de la Bocamina N°2.



**Figura 67.** Tomando puntos de la Bocamina de la labor N° 2.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 9.** Cámaras de Interior mina de la labor 2



**Figura 68.** Interior mina Mi Grimaldina 1.  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 10:** Exterior de la concesión minera Mi Grimaldina 1.



**Figura 69.** Exterior de la mina (Parte superficial de la concesión minera)  
**Fuente:** Elaboración propia, 2017.

**Anexo 11: Manto de carbón antracita en interior mina.**



**Figura 70.** Manto de carbón antracita.

**Fuente:** Elaboración propia, 2017.