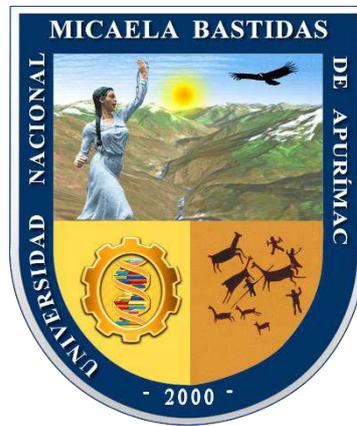


**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

Aplicación del software civil 3d para el control de movimiento de tierras y la optimización de la estabilidad física del pad de lixiviación de la unidad minera Anama – Huaquirca Apurímac  
2020

Presentado por:

Calif Buendía Martínez

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de minas

Abancay, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“APLICACIÓN DEL SOFTWARE CIVIL 3D PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTO  
DE TIERRAS Y LA OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIDAD FÍSICA DEL PAD DE  
LIXIVIACIÓN DE LA UNIDAD MINERA ANAMA - HUAQUIRCA APURÍMAC 2020”

Presentado por **Calif Buendia Martinez**, para optar el Título de:

**INGENIERO DE MINAS**

Sustentado y aprobado el 06 de diciembre de 2022, ante el jurado evaluador:

**Presidente:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Pablo Rubén Zuloaga Candia*

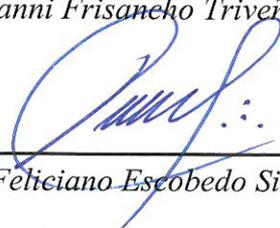
**Primer Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Alex Fidel Becerra Camacho*

**Segundo Miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
*Ing. Giovanni Frisancho Triveño*

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
*Mstro. Feliciano Escobedo Silva*

## **Agradecimiento**

A mi alma mater la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, centro de formación académica en la carrera de Ingeniería de Minas.

A nuestros docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas, por contribuir en nuestra formación profesional. A mi Asesor el Ing. Feliciano Escobedo Silva, quien con el apoyo y dedicación de tiempo logramos la elaboración de la presente tesis.

A la unidad minera Anama, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y dejarme formar parte de su equipo de trabajo. Finalmente, el agradecimiento a mis familiares por todo el apoyo incondicional brindado durante nuestra formación profesional.



## **Dedicatoria**

El presente trabajo de tesis está dedicado a mis padres Nicanor Buendia Florido y Flora Martínez Aroni por haberme forjado la persona que soy, que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su apoyo incondicional para la ejecución de este trabajo y formación profesional durante estos años, así como también dedico a mi alma mater la universidad nacional Micaela bastidas de Apurímac y a mi asesor de tesis.



“Aplicación del software civil 3d para el control de movimiento de tierras y la optimización de la estabilidad física del pad de lixiviación de la unidad minera Anama – Huaquirca Apurímac 2020”

Línea de Investigación: Geología, geotecnia y medio ambiente.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>CAPÍTULO I</b> .....	5
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	5
1.1 Descripción del problema.....	5
1.2 Enunciado del Problema.....	7
1.2.1 Problema general .....	7
1.2.2 Problemas específicos .....	7
1.2.3 Justificación de la investigación .....	7
<b>CAPITULO II</b> .....	9
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	9
2.1 Objetivos de la investigación.....	9
2.1.1 Objetivo general.....	9
2.1.2 Objetivos específicos .....	9
2.2 Hipótesis de la investigación .....	9
2.2.1 Hipótesis general.....	9
2.2.2 Hipótesis específicas .....	10
2.3 Operacionalización de variables .....	10
<b>CAPITULO III</b> .....	11
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	11
3.1 Antecedentes.....	11
3.1.1 Internacional .....	11
3.1.2 Nacionales .....	13
3.2 Antecedentes de la unidad minera Anama .....	18
3.2.1 Accesibilidad .....	19
3.2.2 Topografía de La Región.....	20
3.2.3 Clima y meteorología.....	20
3.2.4 Flora y fauna.....	21
3.2.5 Recursos locales y suministros .....	21
3.2.6 Servicios generales.....	22
3.3 Marco teórico.....	23
3.3.1 Pad de lixiviación.....	23
3.3.2 Consideraciones básicas de diseño .....	24



3.3.3	Tipos de pads de lixiviación .....	24
3.3.4	Riesgos ambientales .....	24
3.3.5	Geodesia y topografía .....	24
3.3.6	Movimiento de tierra.....	27
3.3.6.1	Generalidades .....	28
3.3.6.2	Las estructuras materiales .....	28
3.3.6.3	Métodos para el cálculo de volúmenes en movimiento de tierra .....	29
3.3.6.4	Métodos exactos .....	30
3.3.6.5	Métodos aproximados.....	33
3.3.7	Software Civil 3D.....	35
3.3.8	Diseño con AutoCAD Civil 3d.....	36
3.3.8.1	Topografía.....	36
3.3.8.2	Superficies y explanación .....	36
3.3.8.3	Composición de parcelas .....	37
3.3.8.4	Modelado de obra lineal .....	37
3.3.9	Tuberías .....	37
3.3.10	Cálculo de movimiento de tierras.....	38
3.3.11	Diseño geométrico según normas.....	38
3.3.12	Herramientas específicas para el diseño de carreteras y autopistas .....	38
3.3.13	Análisis de cómputo de cantidades.....	38
3.4	Marco conceptual.....	39
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>41</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>		<b>41</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación .....	41
4.2	Diseño de la investigación.....	41
4.3	Población y muestra.....	42
4.4	Procedimiento.....	42
4.5	Técnica e instrumentos.....	50
4.6	Análisis estadístico .....	50
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>51</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>51</b>
5.1	Análisis de resultados .....	51
5.1.1	Presupuesto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	52
5.1.1.1	Tipo de contrato.....	52



5.1.1.2 Descripción de Partidas de Estabilidad Física del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa II .....	53
5.1.1.3 Elaboración de metrados Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	54
5.1.2 Análisis de precios Unitarios.....	59
5.1.3 Programación del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	62
5.1.3.1 Cronograma del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	63
5.1.4 Control y seguimiento de proyecto por el método tradicional .....	65
5.1.4.1 Reporte diario.....	65
5.1.5 Valorización del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	69
5.1.5.1 Elaboración de metrados para valorización del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I	69
5.1.5.1.1 Levantamiento topográfico final del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	69
5.1.5.1.2 Cálculo de área en banquetas y taludes del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I...	69
5.1.5.1.3 Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	71
5.1.6 Presupuesto del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	78
5.1.6.1 Tipo de contrato.....	78
5.1.6.2 Elaboración de metrados del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	79
5.1.6.3 Análisis de Precios Unitarios del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	82
5.1.6.4 Programación del proyecto del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	85
5.1.6.5 Control y seguimiento de proyecto aplicando el civil 3D del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	86
5.1.6.6 Estabilidad Física Curva “S” del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	90
5.1.6.7 Valorización del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	91
5.1.6.7.1 Conciliación de metrados.....	91
5.1.6.7.2 Cálculo de área en banquetas y taludes para conciliación del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	91
5.1.6.7.3 Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	93
5.1.6.7.4 Conciliación de metrados del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II (descripción)..	96
5.2 Análisis del primer objetivo específico.....	98
5.3 Análisis del segundo objetivo específico .....	100
5.4 Análisis del tercer objetivo específico .....	101
5.5 Discusión.....	104
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>107</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>



6.1	Conclusiones.....	107
6.2	Recomendaciones .....	108
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>111</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> — Vía de Acceso al área de la Unidad Minera – Ruta 1.....	19
<b>Tabla 2</b> — Vía de acceso al Proyecto Anama – Ruta 2 .....	20
<b>Tabla 3</b> — Cuadro de Cantidad de personal U.E.A-VALERIA.....	21
<b>Tabla 4</b> — Tipo de contrato del Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	52
<b>Tabla 5</b> — Descripción de las partidas de estabilidad física del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	53
<b>Tabla 6</b> — Metrados en Talud del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	57
<b>Tabla 7</b> — Metrados en Banquetas del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	58
<b>Tabla 8</b> — Metrados del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	59
<b>Tabla 9</b> — Análisis de precios unitarios del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	59
<b>Tabla 10</b> — Costo unitario directo perfilado del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	61
<b>Tabla 11</b> — Insumos del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	61
<b>Tabla 12</b> — Presupuesto del Proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	61
<b>Tabla 13</b> — Costo del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	62
<b>Tabla 14</b> — Reporte diario semana 1.....	65
<b>Tabla 15</b> — Reporte Diario- Semana 2.....	65
<b>Tabla 16</b> — Reporte Diario- Semana 3.....	65
<b>Tabla 17</b> — Reporte Diario- Semana 4.....	65
<b>Tabla 18</b> — Reporte Diario- Semana 5.....	66
<b>Tabla 19</b> — Reporte Diario- Semana 6.....	66
<b>Tabla 20</b> — Reporte Diario- Semana 7.....	66
<b>Tabla 21</b> — Curva “S” de la estabilidad física del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	68
<b>Tabla 22</b> — Resumen de valorización del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	75
<b>Tabla 23</b> — Resumen valorización adicional por mayores metrados del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	76
<b>Tabla 24</b> — Tipo de contrato del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	78
<b>Tabla 25</b> — Partidas de estabilidad física del pad de lixiviación 5.04 etapa II.....	82
<b>Tabla 26</b> — Análisis de precios unitarios perfilado del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	83
<b>Tabla 27</b> — Precios y cantidad de Recursos del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	83
<b>Tabla 28</b> — Costo de Metrados del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	84
<b>Tabla 29</b> — Costo del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	84
<b>Tabla 30</b> — Reporte diario del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	86



<b>Tabla 31</b> — Control de proyecto semana 1 .....	86
<b>Tabla 32</b> — Control de proyecto semana 2 .....	86
<b>Tabla 33</b> — Control de proyecto semana 3 .....	86
<b>Tabla 34</b> — Control de proyecto semana 4 .....	87
<b>Tabla 35</b> — Control de proyecto semana 5 .....	87
<b>Tabla 36</b> — Control de proyecto semana 6 .....	87
<b>Tabla 37</b> — Curva “S” del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	90
<b>Tabla 38</b> — Valoración del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	97
<b>Tabla 39</b> — Método tradicional corte y relleno.....	100
<b>Tabla 40</b> — Método aplicando civil 3D corte y relleno.....	100
<b>Tabla 41</b> — Costo de la estabilidad física del pad de lixiviación método tradicional.....	101
<b>Tabla 42</b> — Costo de la estabilidad física del pad de lixiviación método tradicional (Mayores metrados) .....	101
<b>Tabla 43</b> — Optimización del costo de la estabilidad física del pad de lixiviación método aplicando civil 3D .....	102
<b>Tabla 44</b> — Estimación del tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación etapa I método tradicional.....	103
<b>Tabla 45</b> — Estimación del tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación etapa II método aplicando civil 3D .....	103



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> — Clasificación de tierras .....	28
<b>Figura 2</b> — División de explanación .....	29
<b>Figura 3</b> — Método prismoides.....	30
<b>Figura 4</b> — Método de las secciones (caso b).....	32
<b>Figura 5</b> — Método de las secciones (caso c) .....	33
<b>Figura 6</b> — Dado el perfil longitudinal de la parte del terraplén cuya longitud es "L":.....	33
<b>Figura 7</b> — Proyecto aplicando el método tradicional etapa I.....	52
<b>Figura 8</b> — Cálculo de área en banquetas y taludes Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	54
<b>Figura 9</b> — Distribución de secciones en el pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	55
<b>Figura 10</b> — Progresivas y líneas de corte a cada 20 metros pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	55
<b>Figura 11</b> — Distribución de áreas de corte y relleno pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	56
<b>Figura 12</b> — Cálculo de corte y relleno pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	56
<b>Figura 13</b> — Reporte diario pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I cierre progresivo .....	63
<b>Figura 14</b> — Cronograma del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	64
<b>Figura 15</b> — Reporte Semanal pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	67
<b>Figura 16</b> — Levantamiento topográfico final del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I .....	69
<b>Figura 17</b> — Cálculo de área en banquetas y taludes pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	69
<b>Figura 18</b> — Delimitación del área del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	70
<b>Figura 19</b> — Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes sección.....	71
<b>Figura 20</b> — Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes sección.....	72
<b>Figura 21</b> — Valorización final pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	73
<b>Figura 22</b> — Valorización por mayores metrados del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I.....	74
<b>Figura 23</b> — Proyecto aplicando Software Civil 3D “Cierre Progresivo Estabilidad Física Pad Lixiviación etapa II”.....	77
<b>Figura 24</b> — Levantamiento topográfico detallado del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	79
<b>Figura 25</b> — Levantamiento topográfico detallado del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	79



<b>Figura 26</b> — Interpretación de parámetros del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	79
<b>Figura 27</b> — Elaboración de diseño de taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	80
<b>Figura 28</b> — Elaboración de diseño de banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	80
<b>Figura 29</b> — Integración del modelamiento del pad de lixiviación etapa II 5.04 ha.....	80
<b>Figura 30</b> — Cálculo de área en banquetas y taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	81
<b>Figura 31</b> — Interpretación grafica del cálculo de volumen del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	81
<b>Figura 32</b> — Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	81
<b>Figura 33</b> — Cronograma de Actividades del pad de lixiviación 5.04 ha etapa II.....	85
<b>Figura 34</b> — Reporte diario del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	88
<b>Figura 35</b> — Reporte semanal del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	89
<b>Figura 36</b> — Levantamiento topográfico final del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	91
<b>Figura 37</b> — Diseño del área en taludes .....	91
<b>Figura 38</b> — Cálculo de área en banquetas y taludes .....	92
<b>Figura 39</b> — Diseño de áreas en banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II .....	92
<b>Figura 40</b> — Cálculo del área de banquetas.....	93
<b>Figura 41</b> — Diseño de Corte y relleno en taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	93
<b>Figura 42</b> — Cálculo del volumen de banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	94
<b>Figura 43</b> — Diseño de Corte y relleno en banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	94
<b>Figura 44</b> — Cálculo de Corte y relleno en taludes y banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	95
<b>Figura 45</b> — Valoración del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II.....	96
<b>Figura 46</b> — Aplicación grading .....	98
<b>Figura 47</b> — Resultados surface properties .....	98
<b>Figura 48</b> — Paste surface .....	99
<b>Figura 49</b> — Volumes Dashboard.....	99
<b>Figura 50</b> — Plantillado de taludes método tradicional.....	112
<b>Figura 51</b> — Plantillado de banquetas método tradicional .....	112



<b>Figura 52</b> — Trazo y replanteo con estación total método civil 3D.....	113
<b>Figura 53</b> — Trazo y replanteo con estación total método civil 3D.....	113
<b>Figura 54</b> — Trabajos de gabinete.....	114
<b>Figura 55</b> — Clima laboral.....	114
<b>Figura 56</b> — Estabilidad física pad de lixiviación etapa I .....	115
<b>Figura 57</b> — Estabilidad física pad de lixiviación etapa I .....	115
<b>Figura 58</b> — Proyectos comparados por el método tradicional y aplicando el software civil 3D.....	116
<b>Figura 59</b> — Método tradicional (presupuesto pad de lixiviación 7.08 ha).....	117
<b>Figura 60</b> — Vista en planta de secciones método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	118
<b>Figura 61</b> — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	119
<b>Figura 62</b> — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	120
<b>Figura 63</b> — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	121
<b>Figura 64</b> — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	122
<b>Figura 65</b> — Reporte Diario método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	123
<b>Figura 66</b> — Reporte Semanal método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	124
<b>Figura 67</b> — Valorización método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha .....	125
<b>Figura 68</b> — Valorización adicional por mayores metrados método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha.....	126
<b>Figura 69</b> — Aplicando el software civil 3D (presupuesto pad de lixiviación 5.04 ha).....	127
<b>Figura 70</b> — Reporte diario aplicando el software civil 3D pad de lixiviación 5.04 ha .....	128
<b>Figura 71</b> — Reporte semanal aplicando el software civil 3D pad de lixiviación 5.04 ha.....	129
<b>Figura 72</b> — Valorización final aplicando el software 3D pad de lixiviación 5.04 Ha.....	130



## INTRODUCCIÓN

Desde hace algún tiempo, la actividad minera enfrenta grandes retos y situaciones complejas, en escenarios internacionales, el costo de ejecución de diferentes proyectos, presentan variaciones durante el desarrollo, control y valorización final del proyecto. Esta situación se evidencia a nivel mundial, obligando a las empresas del sector minero a rediseñar sus sistemas operativos, desde la producción hasta la gestión para mantenerse operativos. Para ello es necesario preparar el suelo donde se colocará la plataforma que soportará el peso del cuerpo mineralizado, así como la poza. para que en condiciones de servicio tiendan a evitar la falla de los elementos diseñados y construidos, como tender a su optimización. Es por ello que los movimientos del terreno son muy importantes a la hora de realizar esta técnica de procesamiento es así que la resistencia de estos es tan importante y el suelo en cuestión, por lo tanto, los parámetros del suelo (densidad, cohesión y ángulo de fricción) que definen dicho valor, resultan ser los que determinan el comportamiento que tendrá el talud. La presencia de nivel freático es también un factor de vital importancia, esto en concordancia con los postulados de Terzaghi en relación con las tensiones efectivas. (1)

Es por ello que los trabajos de movimiento de tierra en un determinado proyecto demandan de alto costo, es por tal el énfasis de realizar el control efectivo por parte de los fiscalizadores de la obra (cliente) hacia los contratistas quienes ejecutan el proyecto. El cálculo de volumen de movimiento de tierra es necesario que se realice antes de la ejecución del proyecto u obra, de tal manera que obtengamos la información necesaria para determinar la cantidad de material a cortar o rellenar y cumplir con los límites requeridos por el proyecto que proporciona el cliente.

Si el contratista encargado de los trabajos de movimiento de tierra incumple con las especificaciones técnicas que proporciona el cliente perjudicará el cronograma del proyecto, y posteriormente se verá reflejado en los costos. Es por ello la necesidad de realizar un control adecuado de los parámetros indicados en las especificaciones técnicas del proyecto, para evitar los retrasos de obra y las reprogramaciones que afectan directamente a los plazos de entrega del proyecto.

Los trabajos de estabilidad física en taludes son labores de detalle denominados obras de arte, el cual requiere un estricto control en tres parámetros principales: Angulo de inclinación del talud, ancho de banco y altura relativa del talud. Todo ello con la finalidad de evita los retrabajos en caso que no se haya cumplido con alguno de los parámetros indicados.

Programas como Civil 3d, Auto Cad y civil CAD permiten la comparación entre dos superficies una inicial y otra denominada final, realiza el cálculo automático de corte o relleno, en base al algoritmo de la triangulación denominadas de alta precisión o mediante secciones transversales empleando formulas geométricas trigonométricas denominadas de mediana precisión. Estos softwares realizan el cálculo en base a la comparación o escaneo de dos superficies, pero no realiza el modelamiento en 5 dimensiones que softwares mineros como: Datamine, Vulcan y MinePlan en la actualidad realizan tal modelamiento el modelo en tres dimensiones (3D) con respecto al tiempo y el costo.

Por lo mencionado anteriormente se realiza la presente tesis la cual se contempla de la siguiente manera:

En el primer capítulo se desarrolla los aspectos de la descripción de la realidad del problema que encontramos en la operación mina en control y movimiento de tierra seguidamente formulamos el problema, objetivos de la investigación, justificación de la investigación, objetivos generales y específicos de la investigación.

En el segundo capítulo presenta el marco referencial y bases teóricas para que la investigación este sustentada en las diferentes referencias bibliográficas ya estudiadas por diferentes autores. Se describe las características del área de estudio, ubicación, accesibilidad, geomorfología, geología regional, método de explotación, su ciclo de minado inicial y marco conceptual.

En el tercero capítulo la hipótesis general y específica de la investigación, operacionalización de variables y tipo de investigación, diseño metodológico, unidad de muestreo, técnicas de recolección de datos.

En el cuarto capítulo se consignan los resultados y discusiones, encontrados en la mina durante las observaciones realizadas y la comparación de antes y después de la investigación.

En el quinto y sexto capítulo se desarrolla las conclusiones y recomendaciones y los anexos.

## RESUMEN

Siendo la industria minera una de las actividades económicas extractivas más importantes del país. Continuamente se vienen implementando métodos y estilos de cómo mejorar cada una de las actividades unitarias. Movimiento de tierras es una base importante en el trabajo de la minería, ya que para lograr buenos índices de producción a menores costos se necesita tener un apropiado control sobre la estabilidad física del Pad de lixiviación para no generar costos desmesurados.

El presente informe de investigación tuvo por finalidad demostrar la aplicación del software civil 3D para el control de movimiento de tierras optimiza la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020. La investigación surgió del problema vinculado al control de movimiento de tierra con el método tradicional y utilizando el software; teniendo una investigación de tipo aplicada y un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo. Asimismo, para el recojo de información se utilizó el método analítico, técnica de análisis documental, técnica de observación. Cuyos instrumentos empleados fueron guías de análisis documental, guías de observación se utilizó el software AutoCAD Civil 3D. Finalmente se obtuvo como resultado de analizar las aplicaciones y herramientas del software, corte / relleno, tiempo y costo. Evidenciando que el extendido de material de corte fue de 22796.24 m<sup>3</sup> y no presento mayores metrados, frente al método tradicional el extendido de material de corte fue de 13337.6 m<sup>3</sup> y presento mayores metrados en corte de material en banquetta con equipo de 469.29 m<sup>3</sup>, cuanto a la nivelación de trazo y replanteo con equipo 50182.30 m<sup>2</sup> y no presento mayores metrados, el método tradicional presento en cuanto a nivelación de trazo y replanteo con equipo 63202.64 m<sup>2</sup> y presento mayores metrados en el perfilado de banquetas con equipo 3719.61 m<sup>2</sup> mejora de forma significativa el tiempo, costos y hay una mejora en el control de movimiento de tierra

**Palabras clave:** Control, Movimiento de tierra, Optimización, Lixiviación y Estabilidad física.

## ABSTRACT

The mining industry is one of the most important extractive economic activities in the country. Methods and styles of how to improve each of the unitary activities are continuously being implemented. Earthmoving is an important base in the mining work, since in order to achieve good production rates at lower costs, it is necessary to have an appropriate control over the physical stability of the leaching pad so as not to generate excessive costs.

The purpose of this research report was to demonstrate the improvement of the earth movement control and the optimization of the physical stability of the leach pad through the application of 3D civil software in the ANAMA - Huaquirca Apurimac 2020 mining unit. The research arose from the problem linked to the control of earth movement with the traditional method and using the software; having an applied type research and a non-experimental design of descriptive cross-sectional type. Likewise, the analytical method, documentary analysis technique and observation technique were used to collect information. The instruments used were documentary analysis guides, observation guides and AutoCAD Civil 3D software. Finally, it was obtained as a result of analyzing the improvement of cutting, optimization in quantity, optimization of time and costs, it can be concluded that the use of the 3D civil software shows that the cut material paving was 22796.24 m<sup>3</sup> and did not present higher metrics, compared to the traditional method the cut material paving was 13337.6 m<sup>3</sup> and presented higher metrics in sidewalk material cutting with equipment of 469.29 m<sup>3</sup>, as for the leveling, it is possible to conclude that the cut material paving was 22796.24 m<sup>3</sup> and did not present higher metrics in sidewalk material cutting with equipment of 469.29 m<sup>3</sup>, as for the leveling of layout and stakeout with equipment 50182.30 m<sup>2</sup> and did not present greater metrics, the traditional method presented as for leveling of layout and stakeout with equipment 63202.64 m<sup>2</sup> and presented greater metrics in the profiling of sidewalks with equipment 3719.61 m<sup>2</sup> significantly improves the time, costs and there is an improvement in the control of earth movement.

**Key words:** Control, Earth movement, Optimization, Leaching and Physical stability.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

En minería existen dos técnicas de procesamiento del mineral ya sea por molienda (flotación) o por lixiviación, y este último tiene como función principal evitar filtraciones de la solución extraída del yacimiento hacia el terreno natural. Para ello es necesario preparar el suelo donde se colocará la plataforma que soportará el peso del cuerpo mineralizado, así como la poza. Por ello la puesta en marcha de una mina en cualquier país requiere la construcción de múltiples instalaciones, entre las que se cuenta las Pad de lixiviación, si el tipo de producción así lo necesitara. La investigación geotécnica permitirá identificar las condiciones de la locación., en la Guía Ambiental para Proyectos de Lixiviación, que cada instalación es única y que esto debe tenerse en cuenta en su diseño. para evitar trágicos accidentes y daños a la naturaleza de los cuales ya hay datos en distintas mineras en todo el mundo (SEGURIDAD MINERA, 2017)

El cuatro de septiembre del 2016 en México un accidente ocurrió en la mina de oro a cielo abierto polimentales del Noroeste S.A. en la localidad de Santa Ana, provocando un vertido durante las maniobras del depósito del material en los patios de lixiviación al aire libre tras la rotura de la pileta que almacenaba la solución cianurada. (2)

De igual Forma en Chile el 16 de diciembre del 2012 falleció tras sufrir un accidente en el sector de pilas de lixiviación de Minera Gaby un trabajador de la empresa EMIN. encontraba trabajando en el sector de la Pila N°2, a la altura del módulo 108, cuando se produjo un desplazamiento de material que lo atrapó, causándole la muerte y ocasionando daños materiales (3)

En Perú A lo largo de nuestra historia, la minería ha sido uno de los principales motores de la economía, y uno de los argumentos más poderosos de la riqueza. De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a nivel mundial y

latinoamericano, el Perú se ubica entre los primeros productores de oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, molibdeno, entre otros, que tienen gran demanda en el mercado de Estados Unidos, China, Suiza, Japón, Canadá y la Unión Europea. A nivel macroeconómico, esto representa una cifra significativa en las exportaciones, tributos y en la generación de empleo en el Perú. De acuerdo con el Banco Central de Reserva, las exportaciones mineras alcanzaron los US\$ 20 545 millones en 2014, lo que representó el 51.9% del total de exportaciones anuales. Dicho porcentaje se incrementa si se consideran los minerales no metálicos y otros productos, llegando a US\$ 22 789 millones, equivalentes al 57.95%.

A pesar de estas cifras prometedoras, la actividad minera es también el origen de muchos desencuentros e inequidades sociales, que han cobrado fuerza en las últimas décadas, y de daños significativos al ambiente en algunos casos irreparables. (LOAYZA, 2017)

Es por eso que los proyectos desarrollados por contratistas en construcción en minería, el precio unitario para una determinada actividad está enlazado con el rendimiento que obtengamos en esa actividad, sobre todo en proyectos donde el volumen es el principal punto de control, al analizar los precios unitarios determinaremos el valor unitario para el corte o relleno (extendido de materia) ya sea en baquetas o taludes, Sin embargo, se ha podido observar en proyectos similares ya ejecutados que existen una gran diferencia entre los volúmenes teóricos obtenidos de una topografía antigua y reales obtenidos de una topografía reciente, lo cual trae como consecuencia variación en el cumplimiento del cronograma presentado al cliente antes de ejecutar dicha actividad, razón por la cual se opta por realizar el control volumétrico haciendo uso de herramientas digitales con la finalidad de obtener volúmenes reales que nos permita proyectar presupuestos más ajustados a la realidad.

En ocasiones al no tener la cantidad de volúmenes exactos para los metrados, no se puede realizar presupuestos ajustados a la realidad, obteniendo valores imprecisos al momento de calcular la valorización esto perjudica directamente al contratista y eleva el riesgo de presentar problemas con el incumplimiento del cronograma de ejecución. estos problemas conllevaran a realizar constantes reprogramaciones, que al final contemplaran pérdidas económicas en el proyecto ejecutado.

Es por tal motivo que se plantea las siguientes preguntas.



## 1.2 Enunciado del Problema

### 1.2.1 Problema general

¿En qué medida la aplicación del software civil 3D para el control de movimiento de tierras optimiza la estabilidad física del Pad de Lixiviación de la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020?

### 1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera el software civil 3D para el control de movimiento de tierras mediante sus aplicaciones y herramientas permite potenciar la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020?
- ¿Por qué el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el proceso de corte y relleno perfecciona la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020?
- ¿Como el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el estudio de tiempo y costo optima la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

Se Justifica Teóricamente porque es importante contar con datos específicos y reales sobre productividad y eficiencia optima en movimiento de tierras durante de la construcción de megaproyectos, para ello utilizaremos el software Civil 3D para la construcción de plataformas de lixiviación; en el Pad de la Unidad Minera Anama.

Se justifica metodológicamente con el propósito de evaluar el control de movimiento de tierras en la estabilidad física del Pad de Lixiviación de la unidad minera Anama. Se empleo el software informático Civil 3D aplicado a trabajos de explanación (movimiento de tierra) el cual fue utilizado para el análisis de datos de campo y la obtención de volúmenes más precisos en la

Empresa minera ANABI S.A.C. Proyecto Anama que se ubica en el distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac.

Su justificación práctica se viene a dar porque a la fecha no existe una investigación de esta naturaleza en la Facultad de Ingeniería de minas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por esta razón es importante realizar este tipo de estudio; para así, contar con datos específicos y reales sobre productividad y eficiencia optima en movimiento de tierras durante de la construcción de megaproyectos de movimiento de tierras, en especial la construcción de plataformas de lixiviación; en esta oportunidad el pad. Dicha investigación beneficiara a todos aquellos que tengan la necesidad de estudiar o conocer los temas de eficiencia y productividad en movimiento de tierras, información muy útil para los ingenieros mineros, civiles y de más profesionales que se involucren en este tipo de trabajos.

La presente investigación permitió conocer los volúmenes reales de corte o relleno en la explanación utilizando herramientas digitales como el civil 3D, demostrando que el software mediante sus aplicaciones y herramientas optimiza los procesos de estabilidad física.

## **CAPITULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1 Objetivos de la investigación**

##### **2.1.1 Objetivo general**

Demostrar que la aplicación del software civil 3D para el control de movimiento de tierras optimiza la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.

##### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Probar que el software civil 3D para el control de movimiento de tierras mediante sus aplicaciones y herramientas permite potenciar la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.
  
- Verificar que el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el proceso de corte y relleno perfecciona la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.
  
- Mostrar que el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el estudio de tiempo y costo optimiza la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.

#### **2.2 Hipótesis de la investigación**

##### **2.2.1 Hipótesis general**

La aplicación del software civil 3D para el control de movimiento de tierras optimiza significativamente la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.

### 2.2.2 Hipótesis específicas

- La implementación del software civil 3D para el control de movimiento de tierras potencia a través de sus aplicaciones y herramientas la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.
- La utilización del software civil 3D para el control de movimiento de tierras perfecciona significativamente el proceso de corte y relleno de la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.
- La aplicación del software civil 3D para el control de movimiento de tierras optimiza considerablemente el tiempo y costo en la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020.

### 2.3 Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	Unidad de medición
Software civil 3D para el control de movimiento de tierras	Aplicación y herramientas CAD	AutoCad Civil D3	Grading Surface Properties Paste Surface Volumes Dashboard
	Corte y relleno	Volumen	m <sup>3</sup>
	Tiempo y costo	Cronograma Valorización	Días Dólares
Optimización de la Estabilidad física del Pad de lixiviación	Parámetros de estabilidad	Altura de banco Ancho de banco Talud de inclinación	Metros Grados
	Área	Área de estudio con método tradicional y usando el software 3D	m <sup>2</sup>

## CAPITULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

##### 3.1.1 Internacional

- a) GALARZA et al. (2016) Presentaron un artículo titulado “Modelo matemático para el control y auditoría de movimientos de tierra” el cual tuvo por objetivo crear un sistema computacional mediante un modelo matemático para el control de movimiento de tierras, para la metodología esta investigación se basó en el diseño y construcción de un sistema computacional denominado Auditoría de Movimiento de Tierra, producto de un modelo matemático de integración numérica, mediante el cálculo de los volúmenes de desalojo de capa vegetal, excavación sin clasificar, relleno con material de préstamo local o importado. Finalmente, en los resultados obtenidos del modelo son almacenados en archivos de formato editable permitiendo evaluar las diferencias de cotas y determinar excesos o déficit en los procesos tanto de corte como de relleno, los datos son de tipo tridimensional lo que hace posible su geo-referenciación permitiendo mayor precisión al definir puntos de toma de calicatas. Concluyendo así que el uso del software AMT en el cálculo del volumen de movimiento de tierra de un proyecto de obra civil en sus diferentes etapas, puede ser una herramienta de utilidad tanto para el contratista como para el fiscalizador. AMT permite determinar las desviaciones que ocurren en el proceso poniendo a disposición información geo referenciada de los puntos donde se ha producido sobre excavación sin clasificar, sobre relleno con material de préstamo local, déficit de relleno o de excavación y así poder corregirlo oportunamente.
- b) YAURE (2018) Presento su estudio titulado “Análisis del Equipo más conveniente para realizar un movimiento de tierras partiendo del diagrama

de masas” Con el objetivo de presentar el análisis del equipo más conveniente para realizar un movimiento de tierras, usando diagrama de masas. Para ello en la metodología se tuvo en cuenta los softwares para diseños de vías, en este proyecto se ha utilizado el software AutoCad Civil 3D, con el cual se han obtenido los resultados de los cálculos anteriores al diagrama de masas como: abscisa de la vía, los alineamientos horizontal y vertical, secciones transversales, secciones típicas y tabla de áreas y volúmenes. El diagrama de masas es muy importante porque nos da a conocer los volúmenes de tierra al ser removidos y verificar los acarrees para así optimizar costos del movimiento de tierras. Para ello se ha tomado un tramo de una vía de la provincia de El Oro para emplear en él, el tema de este trabajo práctico fundamentalmente al movimiento de tierras el cual es un rubro importante en la construcción de una vía, permitiendo la determinación de la maquinaria a utilizar para las diferentes actividades como: excavaciones, cortes, rellenos y compactación. Concluyendo que el diagrama de masas mediante el software Civil 3D se tiene que importar los puntos de la carretera e ingresar los datos básicos de diseño como: (velocidad de diseño, radios mínimos, peralte máximo, ancho de carril, ancho de espaldón, gradientes máximas y mínimas, pendiente transversal, longitud mínima de curvas verticales, entre otros), obteniendo primero las secciones transversales y luego el diagrama de masas con el cual procedemos al cálculo del movimiento de tierras.

- c) PARRA & PRIETO (2016) Realizaron su estudio titulado “Calculo de movimiento de tierras realizados en la zona del deslizamiento del predio B en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas sede vivero”. Con el objetivo de calcular el movimiento de tierras realizado en la zona del deslizamiento durante las obras de rehabilitación en el predio B de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas Sede Vivero. Para ello en la metodología se realizó un levantamiento topográfico con una poligonal cerrada por el método de cerros atrás, se inició el día 11 de julio de 2015 con la estación total armada sobre la placa CD-554, localizada en la pilastra de la media torta, tomando línea sobre la señal de azimuth localizada

sobre la cruz de la iglesia materializada en la antena, con un ángulo horizontal de  $0^{\circ}00'00''$ , y referenciando al punto CN – 01, se radia en sentido horario para localizar los deltas de la poligonal, amarrando la red por ceros atrás, esta consta de doce vértices tomados por lectura directa. Resultando así al realizar el proceso manual, se puede verificar cada uno de los datos a medida del proceso y también se puede tener una idea clara del orden en que se realizó el trabajo. Concluimos que los dos procesos son válidos, dependiendo del objetivo establecido en el trabajo se puede escoger la forma que más se adapte a la necesidad de los resultados. Concluyéndose que Se consultó y analizo la información encontrada, esto es de gran importancia al momento de ejecutar un proyecto de este tipo, ya que de la buena planeación dependen los buenos resultados.

- d) BELETTE et al. (2020) en su investigación “Determinación de la red óptima de levantamiento topográfico con estación total para el cálculo de volumen” donde tuvo como objetivo determinar la red óptima de levantamiento de la topografía para realizar el cálculo de volumen en movimientos de tierra, llegando como resultado que la interpolación de curvas de nivel instauradas con el software Civil es un parámetro significativo para el cálculo de los volúmenes, donde concluye que los trabajos ejecutados en el cálculo de volumen del movimiento de la tierra para otras obras, como canteras, explanaciones, etc, permitieron fijar la red óptima del levantamiento de la topográfico, dicha investigación permitió realizar un buen cálculo de volúmenes aplicando el software AutoCAD Civil 3D.

### 3.1.2 Nacionales

- a) ALCA & GUITIERREZ (2021) Realizaron su tesis titulada “Análisis de Movimiento de tierras en carreteras generado por el método de diferencia de superficies con drone en contraste al método de prisma de carretera”. El cual tuvo como objetivo analizar el volumen de movimiento de tierras en carreteras obtenido por el método de diferencia de superficies aplicando la fotogrametría con drone, en contraste al método de prisma de carretera

basado en el método tradicional. En la metodología el procedimiento de obtención de datos se ha tratado, primeramente, la obtención de superficies topográficas tanto por el método de fotogrametría con drone como por el método tradicional con estación total, a partir de ello se obtuvo perfiles longitudinales del alineamiento proyectado en cada una de las superficies topográficas descritas anteriormente. Con los resultados de cada método se calcula la diferencia de volumen de cada muestra, que al someterlos a prueba estadística resultan significativamente diferentes con lo que se concluye que el volumen de movimiento de tierras en carreteras, generado del método de diferencia de superficies, representa el volumen real de movimiento de tierras debido a que no subestima información en intermedio de dos progresivas consecutivas y garantiza mayor precisión en metrados y presupuesto de obras viales en comparación a los resultados obtenidos con el método de prisma de carreteras.

- b) POLO (2020) en su investigación “Implementación de un diseño de sección de labor para la reducción de costos en operaciones de la Unidad Minera Cerro Lindo – Nexa Resources S.A.A.” Donde va a reducir los costos en las operaciones de la mina mediante la implementación de un nuevo diseño. Obtuvo como resultado que finalmente en los costos se redujeron en el nuevo diseño y se tiene un ahorro anual equivalente a 760,935.13 US\$. Concluyendo la implementación de un nuevo diseño, genera una reducción de los costos y aumenta el ingreso. Esta investigación ayudo identificar que un nuevo diseño incrementa la producción en una minería ya que se aumenta la producción.
  
- c) ALBERCA (2019) Presento su tesis titulada “Control de calidad en la construcción de una plataforma de lixiviación de la unidad minera Pierina”. La cual tiene como objetivo principal, realizar un estudio del sistema de gestión de calidad en los procesos constructivos del proyecto minero. Asimismo, determinar la eficiencia del sistema de gestión de calidad, identificar los requisitos de la norma con bajo grado de cumplimiento y proponer conceptos que favorezcan una gestión de calidad

eficiente. Para la metodología de la investigación se inició con la recopilación de información del proyecto “Construcción de la plataforma de lixiviación, fase 7-extensión”. Posteriormente, se realizó un estudio del sistema de gestión de calidad empleado, se explicó los requisitos solicitados en el proyecto y de manera paralela se evaluó el cumplimiento de los controles de calidad empleados durante el proceso constructivo. Con los resultados obtenidos, se determinó la eficiencia del sistema de gestión de calidad. En esta evaluación, se identificó los requisitos con bajo grado de cumplimiento y, finalmente, se propuso conceptos que favorecen una gestión de calidad eficiente. Se concluye que el sistema de gestión de la calidad del proyecto en estudio, basado en la norma ISO 9001, es plenamente aplicable y su uso otorgaría resultados beneficiosos relacionados con la calidad en la construcción. La contribución de esta investigación permitirá recalcar la importancia de realizar el control de calidad en un proyecto de construcción.

- d) CUELLAR (2019) Realizo su estudio el cual llevo por título “Control Ambiental y Geotécnico del Pad de Lixiviación fase IV de la mina Cuajone” Con el objetivo de Analizar las características geológicas-geotécnicas de la zona de emplazamiento del Pad de lixiviación Fase IV, con la finalidad de implementar las medidas de control ambiental y geotécnico., para la metodología toda la plataforma del nuevo Pad, se emplazará sobre los siguientes trabajos principales movimiento de tierras, relleno estructural, relleno con material de baja permeabilidad, instalación de materiales texturados (geomembrana, GCL, geotextil y geocompuesto). Implementando los controles ambientales y geotécnicos, evitará la contaminación tanto del suelo como del agua. Resultando que según la capa del suelo de baja permeabilidad cumple con la función de una barrera que evitará se contamine el suelo y el agua subterránea, la conductividad hidráulica (permeabilidad) presenta un índice de  $1,47 \times 10^{-7}$  m/s lo cual indica de a ver una filtración de solución mineralizada por rotura de la geo membrana el suelo se contaminará en más de 23,62 días para poder reparar la geomembrana rota o parar la lixiviación.

Concluyendo Por los resultados obtenidos en los ensayos de análisis químico de las aguas que salen del Pad Fase IV (muestras PM-001, PM-002, PM-003, PM-007 y PM-008), se tiene que los valores obtenidos están por debajo de los límites máximos permisibles según el D.S. N° 010- 2010-MINAM, para actividades mineras en operación, lo cual indica que no hay contaminación del suelo ni del agua en la zona del proyecto.

- e) FLORES (2019) Realizo su investigación titulada “Metodología del Apilamiento de un Pad de Lixiviación utilizando el AutoCAD como software de planeamiento operativo” Con el objetivo de explicar la metodología de trabajo que se tuvo en estos tres años de experiencia laboral en el área de chancado-lixiviación, Superintendencia Chancado Lixiviación, Gerencia de Hidrometalurgia en la empresa Sociedad Minera Cerro Verde, para ello en la metodología el planeamiento operativo se encarga de proyectar las operaciones a un cierto periodo de tiempo y determinar qué actividades se van a realizar en dicho periodo al igual que se va determinar que recursos serán requeridos, obteniendo como resultado cuando el apilamiento del stacker solo se requiere retiro de portable los movimientos de los equipos son regularmente iguales, pero cuan ya se va a cerrar el apilamiento de una celda se requiere un movimiento en específico el giro del stacker. Este giro del stacker es el cambio de posición de todo el stacker un giro de 90 grados aproximadamente el cual se requiere más tiempo que un simple retiro de portable, pero es necesario para cada cambio de celda, estos giros de stacker también son planeados debido a que se requiere mayor recurso que lo normal y es un indicador que el cambio de celda se aproxima. Concluyendo así que siempre un programa de apilamiento es mejorable y se busca la mejor estrategia de planeamiento tratando de disminuir los tiempos de no operación de los equipos para maximizar la producción.
- f) FLORES (2018) en su investigación “Diseño de galerías en minería convencional, para la caracterización de las estructuras mineralizadas aumentar las reservas en la unidad minera Cuatro de Enero” donde diseñó las galerías de desarrollo para identificar de estructuras con mineral e incrementar las reservas minerales. Los resultados señalan que la

estimación económica de descuento periódica da resultados de valor actual neto, período de recuperación de 15 meses de la capital. Se llegó a la conclusión que se realizando el estudio técnico económico del diseño de labores en desarrollo logrando recuperar en 15 meses su capital. Cabe resaltar que este trabajo permitió realizar el diseño de labores y saber su costo del proyecto a realizar.

- g) TORRES & VILLANUEVA (2015) presentaron su tesis titulada “Diseño y desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento óptimo de flotas de movimiento de tierras en obras civiles” está realizada con el objetivo de poner en práctica la optimización de procesos constructivos mediante una herramienta digital y demostrar que el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos de un estudio, respecto a cualquier actividad constructiva, representa una gran oportunidad de mejora de las condiciones iniciales; Para ello en la metodología se basó en un análisis de las operaciones en función del tiempo, desarrollando una herramienta que implemente un método de control y alternativa de solución para la mejora de la productividad a un mejor costo para ello se hizo una selección óptima de flota (equipo de carguío y equipo de transporte) para movimientos de tierra es una tarea compleja, donde intervienen muchas variables técnicas, geométricas y económicas. Resultando de la evaluación de los valores de eficiencia reales mensuales obtenidos, determinándose que dicha eficiencia tenía una tendencia promedio del 105%. De haberse implementado las mejoras respectivas, se hubiera dado un incremento de la eficiencia, hasta alcanzar un valor acumulado del 140%. Dicho resultado fue comparado contra un escenario en el que la eficiencia mensual se mantenía en un 105% en promedio (de acuerdo a la tendencia original), y a partir de ello se determinó el impacto económico del mencionado proceso de optimización, llegando a la conclusión que el adecuado análisis de las condiciones reales del entorno de trabajo nos va a permitir dar lugar a optimizar de forma continua, viéndose reflejado en resultados satisfactorios en cuanto a una elección óptima para las actividades de excavación, carguío y acarreo en proyectos de movimientos de tierra,



h) FLORES (2015) Realizo su investigación titulada “Eficiencia y productividad optima en movimiento de tierras para la construcción de plataformas de lixiviación”

La cual tuvo por objetivo determinar la eficiencia y productividad optima de las maquinarias utilizadas en los distintos procesos que tiene la construcción de las plataformas de lixiviación(PADs) en esta ocasión la plataforma de lixiviación "La Quinoa Etapa 8A" .Para la metodología se basó en el procedimiento para el control de horas trabajadas de equipos y maquinaria pesada y el procedimiento de análisis de datos; y para la aplicación y cumplimiento de la metodología, tenemos elementos que lo conforman como: recursos humanos, documentos, procedimientos y análisis de rendimientos. Resultando la eficiencia del proceso del corte aumento debido al incremento de las horas efectivas del trabajo en un 30% (de 7 horas hasta 9horas). -La eficiencia promedio del corte y carguío aumento en un 38% (137 4 m<sup>3</sup>/día a 1897m<sup>3</sup>/día) -Debido a la nueva eficiencia alcanzada se terminó el proceso de corte con un ahorro del 27% de tiempo inicia, concluyendo que el conocer la eficiencia y productividad optima en los diferentes procesos de la construcción de PAOs nos va a ser muy útil e indispensable en los proyectos de ingeniería, en los que se realice movimiento de tierras.

### 3.2 Antecedentes de la unidad minera Anama

LA U.E.A. VALERIA – Unidad Minera Anama, durante los últimos 8 años realiza actividades explotación minera y construcción de infraestructuras, así como: Pad de lixiviación, botaderos desmonte, botaderos peat, dique, canales, etc. La actividad de construcción en minería está a cargo de la empresa contratista AJANI S.A.C. el cual ha venido realizando numerosos trabajos donde demanda grandes cantidades de movimiento de tierra.

Al realizar dichas actividades de construcción la empresa contratista a registrado algunos defectos sobre todo en la elaboración de presupuestos al no tener un metrado aproximado se producen constantes cambios en el presupuesto, así como adendas, ampliación de plazos, reducción de partidas, etc. Durante la ejecución de los proyectos se registró deficiencia en el tema de control topográfico sobre todo en los

métodos de cuantificación y evaluación de volúmenes el cual recae directamente en el cronograma del proyecto. (RESOLUCION DIRECTORAL, 2018)

### Generalidades de la zona de estudio

#### a) Ubicación Políticamente

La U.E.A. VALERIA, empresa ANABI S.A.C. Proyecto ANAMA

Políticamente se ubica (4):

- Locación: Cerros Chirocone - Japutani
- Distrito: Huaquirca
- Provincia: Antabamba
- Departamento: Apurímac

#### b) Ubicación Geográfica

- Altitud: 4600 – 4800 m.s.n.m.
- Coordenadas: 738373 Este 8416300 Norte y 745464 Este 8410280 Norte
- Zona: 18 L

### 3.2.1 Accesibilidad

La U.E.A. VALERIA, posee dos rutas de acceso que se describe a continuación.

- **Ruta 01:** Capital Lima - Cusco (1 hr en avión), continua vía terrestre (carretera asfaltada) cruzando por Abancay y Santa Rosa (5 hr y 30 min), de ahí continua un desvío por trocha hasta llegar a Huaquirca (3 hr y 30 min), desde este punto continua por trocha hasta llegar al proyecto Anama (2 hr). El transporte es un total de 11 horas, en camioneta.
- **Ruta 02:** Lima – Nazca por la panamericana sur, continua la misma ruta hasta llegar a Puquio, luego Chalhuanca, posterior Santa Rosa por carretera asfaltada; se continua luego por trocha carrozable, cruzando por Huaquirca, hasta llegar al proyecto Anama. El transporte es un total de 20 horas, en camioneta.

Tabla 1 — Vía de Acceso al área de la Unidad Minera – Ruta 1

Ruta	Distancia (Km)	Tipo de Vía	Tiempo (hr)
Lima – Cusco		Aérea	1



<b>Cusco – Abancay</b>	183	Asfaltada	4
<b>Abancay – Santa Rosa</b>	66	Asfaltada	1
<b>Santa Rosa – Huaquirca</b>	71	Asfaltada	2
<b>Huaquirca – Anama</b>	68	Semi Asfaltada	2
<b>TOTAL</b>	<b>405</b>	<b>---</b>	<b>11</b>

Extraído del Área de Topografía ANABI S.A.C, 2011.

**Tabla 2 — Vía de acceso al Proyecto Anama – Ruta 2**

Ruta	Distancia (Km)	Tipo de Vía	Tiempo (hr)
<b>Lima – Nazca</b>	444	Asfaltado	6
<b>Nazca - Ayacucho- Apurímac</b>	400	Asfaltado	7.5
<b>Santa Rosa – Huaquirca</b>	71	Afirmado	2.5
<b>Huaquirca – Proyecto Anama</b>	60	Trocha Carrozable	4
<b>TOTAL</b>	<b>975</b>	<b>---</b>	<b>20</b>

Extraído de Área de Topografía ANABI S.A.C, 2011

### 3.2.2 Topografía de La Región

La topografía de la unidad administrativa económica Anama es típico de la región de los andes, montañas con elevaciones hasta los 5000 msnm y pendientes suaves de 35% hasta los 70%.

### 3.2.3 Clima y meteorología

El clima es típico de la zona andina, templado durante el día y frío durante la noche. La época de lluvias se da entre los meses de octubre a marzo; mientras que de abril a septiembre se da una estación casi seca, presentando lluvias moderadas, días con sol intenso que llegan a los 22° C y noches frías donde es común las lluvias, heladas, nevadas y temperaturas bajo los 0° C.

En la Unidad Minera VALERIA-ANAMA se cuenta con una estación meteorológica en la cual diariamente se toman registros de las precipitaciones las mismas que son registradas por el departamento de Medio Ambiente.

La finalidad de toma de datos y registros meteorológicos son por medidas de seguridad, así como también con fines de control y diseño puesto que estos datos son tomados en cuenta los análisis de estabilidad de los diversos taludes existentes.

### 3.2.4 Flora y fauna

La flora es variada por la presencia de bofedales y las constantes lluvias; las gramíneas dominan el mundo vegetal, pero las herbáceas y los helechos, entre otros conviven en la época de lluvias, cubriendo de un manto verdoso en su totalidad las superficies cercanas a la mina, sin embargo, son plantas estacionales que desaparecen durante el invierno y reverdecen con el aguacero.

La fauna en “U.E.A-Valeria”, está conformada por mamíferos y aves. Dentro de los mamíferos se encuentran el zorro, vizcachas, vicuñas, llamas y alpacas. Dentro de las aves es posible apreciar al aguilucho cordillerano, los cernícalos o quillquincho, las tortolitas, la huallata y pariguanas. En los ríos existen pocas truchas que son utilizadas para el autoconsumo humano, también encontramos animales domésticos como porcinos, equinos, auquénidos, vacunos y ovinos.

### 3.2.5 Recursos locales y suministros

ANABI S.A.C-U.E. A-VALERIA, cuenta con recursos humanos con una cantidad de 702 trabajadores, entre empresas contratistas y conexas.

La empresa AJANI S.A.C, es considerada como empresa conexas que cuenta con 73 personas que trabajan en dicha unidad.

**Tabla 3 — Cuadro de Cantidad de personal U.E.A-VALERIA**

Descripción	N° de trabajadores U.E.A-VALERIA-ANAMA		
	Empleados	Obreros	Total
Compañía	109	155	264



Contratistas Mineros	4	12	16
Contratistas conexos	145	277	422
Otros proyectos especiales	0	0	0
Total	258	444	702

### 3.2.6 Servicios generales

La unidad económica administrativa ANAMA, cuenta con los servicios generales que requieren el personal, equipos y otros para realizar los respectivos trabajos

- **Campamentos y oficinas:** La unidad minera cuenta con instalaciones de campamentos para obreros, empleados y para el personal femenino cada cual distribuido de acuerdo a las guardias establecidas. También cuenta con las instalaciones de oficinas distribuidas de acuerdo con las necesidades requeridas por la empresa. Cuyos campamentos y oficinas son utilizados por la compañía y las empresas contratistas en dicha unidad.
- **Centro médico:** En dicha unidad cuenta con un centro médico que vela por la salud del personal que labora en la unidad, dicho centro médico realiza sus referencias a la ciudad de Abancay en casos de que no esté a su alcance lo requerido.
- **Personal de la policía nacional:** Dicha unidad minera cuenta con una cuadrilla policial distribuida mediante guardias, quienes se encargan de resguardar la seguridad de la empresa.
- **Abastecimiento alimentario:** Se cuenta con la empresa contratista solex que se encarga de brindar servicio de alimentación al personal que labora en la unidad minera.
- **Otros:** Además, se tienen almacenes temporales en distintos puntos de trabajo para el almacenamiento de los materiales e insumos que se requieren, asimismo se cuenta con centro de mantenimiento de equipos y maquinarias para con el que se labora.

- **Potencial humano:** La unidad económica administrativa ANAMA, cuenta con profesionales técnicos e ingenieros para las distintas áreas correspondientes, generalmente y en mayoría son de otros departamentos, el personal del lugar generalmente se tiene como personal de piso y operadores.

### 3.3 Marco teórico

#### 3.3.1 Pad de lixiviación

Canchas en donde se descargar el mineral extraída desde los tajos, estas canchas se recubren de geomembrana que evitara posibles fugas de solución cianurada al medio ambiente y así mismo al subsuelo. Seguidamente se procede a armar las redes de tuberías de colección que recibirán la solución pregnant que será transportada hacia la poza de solución pregnant. La instalación de estas mangueras es denominada como espina de pescad. (BUSTAMANTE, 2015)

##### a) Tiempo

Son periodos o ciclos de lixiviación para minerales oxidados que necesitan entre 30 a 60 días, para los sulfuros secundarios se requieren entre 6 y 9 meses y para mineral ROM (procesado mediante chancado primario), puede necesitarse años. (BUSTAMANTE, 2015).

##### b) Costo

El transporte de materiales es uno de los aspectos más importantes a controlar en las operaciones a cielo abierto. Esta actividad requiere grandes equipos cuyo costo por hora es elevado; por lo tanto, es necesario lograr una alta productividad con la correcta asignación de camiones y palas.

En años recientes el desarrollo de nuevos sistemas de soporte a las decisiones contribuyó significativamente al incremento de la productividad, reduciendo así los costos de operación. Sin embargo, un problema persistente son ciertos tiempos muertos: camiones que esperan para ser cargados, cobertura insuficiente de la demanda de las palas, reasignación no coordinada de viajes, paradas no programadas, y otros retrasos en la ruta de acarreo. Esto crea un consumo ineficiente del combustible, el cual incide indirectamente en energía desperdiciada y en

el incremento de las emisiones de carbono en la atmósfera. Según Pozo (RUZ, Y OTROS, 2000)

### 3.3.2 Consideraciones básicas de diseño

Los factores básicos que se deben considerar en el diseño de un esquema de recuperación de mineral mediante pilas de lixiviación:

- Factores Mineros,
- Restricciones Físicas,
- Impacto Ambiental,
- Estabilidad a Corto y Largo Plazo
- Consideraciones Sociales/Políticas

### 3.3.3 Tipos de pads de lixiviación

Los tipos de pads de lixiviación que se pueden distinguir de acuerdo a la secuencia de vertido de mineral, en zonas con pendientes bastante pronunciadas, son cuatro:

- Volcado libre
- Volcado por fases
- Diques de detención en pie
- Fases superpuestas ascendentes

### 3.3.4 Riesgos ambientales

Al evaluar el riesgo potencial hacia el medio ambiente dado por un esquema de pads de lixiviación determinado, se deberá considerar una serie de escenarios para la utilidad de los pads de lixiviación, incluyendo la evaluación de los impactos que se generan. El peor caso de falla comprende la valoración del potencial trayecto máximo de escorrentía y los impactos relacionados al terreno, cursos de agua e instalaciones de sub-drenes, si los hubiere. (VICEMINISTERIO DE GESTIÓN AMBIENTAL, 2010)

### 3.3.5 Geodesia y topografía

#### a) Geodesia

Es la ciencia que estudia la forma y estructura de la superficie terrestre. Se incluye en el estudio la información del campo gravitatorio, así como el estudio o modelamiento del fondo del océano. Y lo más importante la

ubicación de un determinado punto en la superficie terrestre en sus tres dimensiones.

La parte fundamental de la geodesia es la determinación de punto geográficos sobre la superficie terrestre y una nube de puntos plasmados se les denomina una red de puntos geodésicos los cuales poseen coordenadas que configuran la base cartográfica de un determinado lugar. La obtención de estos puntos se sustenta bajo las ciencias matemáticas y físicas, la geodesia a la vez sirve como base para otras ciencias como la topografía, la fotogrametría, cartografía y entre otras ciencias. A partir de su objetivo de estudio, posee las siguientes subdivisiones.

- **La geodesia geométrica:** obtención de la estructura y dimensión de la superficie terrestre en su esplendor geométrico, al incluir especialmente la obtención puntos con sus respectivas coordenadas en la superficie de la tierra.
- **La geodesia física:** Estudia la gravitación terrestre y sus variaciones, oceánicas y su correspondencia con el concepto de altitud o metros sobre el nivel del mar.

#### b) Topografía

La topografía es la disciplina o técnica que se encarga de representar de manera detallada la superficie de la tierra. Para esto se vale de ciencias como: física, trigonometría, cálculo, geología, también de otras ciencias y disciplinas que ayudan fortalecer el concepto.

El objetivo de la topografía es dar a conocer por medio de un sistema de coordenadas este, norte y cota (relativas o absolutas), la ubicación de un lugar en el espacio en 3 dimensiones, y mostrarlo en un plano topográfico según el sistema de proyección que se desee utilizar precisando la coordenada Z como la altura sobre el nivel del mar.

En la actualidad el método más usado en la toma de datos de campo, es con estación total, la cual permite la cuantificación de ángulos horizontales, ángulos verticales y distancias. Con esta información se puede obtener coordenadas tridimensionales de los puntos permitiendo la obtención de una representación gráfica del terreno en tres dimensiones. (CASTIBLANCO, 2017)

- **Levantamientos topográficos**

Se puede precisar por levantamiento topográfico “La secuencia de procedimientos para realizar la toma de datos en campo con un equipo geodésico y su posterior digitalización y su representación en plano” (CASTIBLANCO, 2017). Su estudio se divide en:

- **Planimetría:** Secuencia de métodos y procedimientos con el que se busca lograr la representación gráfica de los detalles importantes del terreno en una superficie en dos dimensiones, dependiendo de su altitud se generan las curvas de nivel para su presentación en un plano.
- **Altimetría o nivelación:** Secuencia de métodos y procedimientos con el que se busca obtener o determinar una altura con respecto al nivel del mar “cota” de cada punto respecto a un plano de referencia que por lo general es el nivel medio del mar.
- **Taquimetría:** Método que nos permite determinar la posición y altura de los puntos del terreno, pues hace paralelamente el levantamiento planimétrico y altimétrico de tal manera que nos da como resultado un punto en tres dimensiones.
- **Replanteo en proyectos**

Es el método topográfico para plasmar el diseño en campo utilizando herramientas como clavos, pinturas o estacas, es la manera de dibujar en el terreno el diseño realizado en gabinete, materializar los trazos. La nivelación consiste en obtener una cota determinada, por lo general se obtiene a partir de un alineamiento o una línea de corte.

Las nivelaciones nos servirán para determinar la diferencia de cotas o la variación de las mismas, para definir cotas en distintos proyectos de plataformas, diques, desniveles en explanaciones, pozas, verificación de gradientes y ángulos de inclinación.

Los perfiles longitudinales, son representaciones gráficas donde se muestra la altitud sobre el nivel del mar a lo largo de un corte o sección realizada sobre una topografía base, a la vez refleja distintas pendientes a lo largo del alineamiento la variación de cotas.

Estos perfiles nos servirán para la interpretación del comportamiento del terreno a lo largo del eje central de trazo o una línea de corte (proyectos de carreteras, pozas, canalizaciones etc.).

- **Cálculo de cubicaciones y movimientos de tierras**

Estos cálculos corresponden a la comparación entre dos superficies con el mismo origen en distintas fases de modificación de la superficie, dichos planos son la diferencia entre un terreno inicial o natural y el terreno final o teórico dados por un corte o relleno. El procedimiento de cálculo volumétrico se realiza mediante diferencia de modelos digitales del terreno procedentes las superficies topográficas en las distintas fases; dando como resultado la variación en corte o relleno.

Los cálculos de movimiento de tierras serán útiles para determinar el volumen de corte o relleno de material en un lugar determinado ya sea tanto en arquitectura o proyectos de trazados de carreteras, taludes etc. (AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD, 2014)

### 3.3.6 Movimiento de tierra

Los trabajos que implican movimiento de tierra son actividades donde se demanda mayor cantidad de movimiento de material a la vez implica la utilización de equipos de gran dimensión los cuales serán los responsables en realizar el corte y extendido de material. (ARIAS et al., 2010)

#### a) Corte y relleno

Según ORTIZ J. (2010), texto académico Apuntes del curso de explotación de minas de la Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas. para realizar la extracción de recursos minerales del subsuelo, es imprescindible realizar un conjunto de operaciones, desde la identificación del depósito del mineral en desarrollo, preparación y explotación propiamente dicho, mediante un ciclo de operaciones en forma secuencial de las operaciones básicas el arranque y el manejo de minerales y estériles, el arranque es la separación del mineral de la corteza terrestre mediante el uso de

explosivos, mediante perforación y voladura, el transporte de minerales desde el frente hasta la planta de recuperación metalúrgica en donde las operaciones unitarias de carguío y transporte desempeñan un papel importante, este proceso se puede observar en Figura 1, que puede aplicarse a depósitos minerales de diferentes características. (pp 307,313).

### 3.3.6.1 Generalidades

Los trabajos de movimiento de tierra se clasifican:

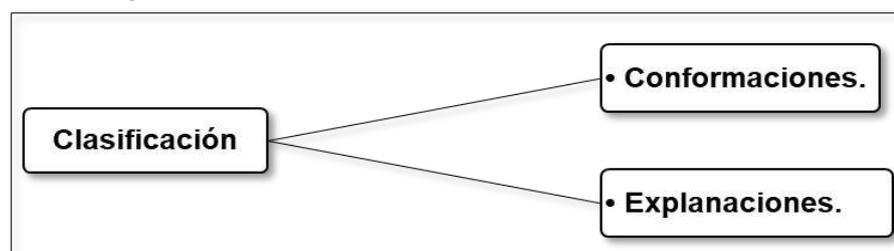


Figura 1 — Clasificación de tierras

- a) **Conformación:** En esta actividad no se realiza una deformación o cambio abrupto de la topografía inicial, por lo general se evitan estos cambios, no se realiza cortes o rellenos considerables más al contrario se realiza la conformación en base a un diseño.
- b) **Explanación:** En esta actividad si se realiza grandes modificaciones en la topografía, se realiza corte de material y el relleno de la misma. Se toma el terreno natural como principal material para realizar obras de explanación, se emplean equipos pesados para el movimiento de material, empleando las técnicas de construcción de tal manera que se obtenga mayor cantidad de material movido con el menor costo posible.

### 3.3.6.2 Las estructuras materiales

Las actividades de explanación se realizan a través del movimiento de tierras o rocas. Sin embargo, estas construcciones se les denomina naturales o compuestos; compactados con equipos pesados con la finalidad que estas estructuras sirvan de apoyo para los proyectos de infraestructura. (OJEDA, PARRA, & SANCHEZ, 2015)

- **Terraplenes:** Se desarrollan empleando material de relleno, por lo general se usa material con buena densidad y abrasión.
- **Escolleras:** Estas estructuras están determinadas por materiales de buen tamaño en referencia a su calidad.

Las actividades de explanación se dividen según:

a) **Su diseño:**

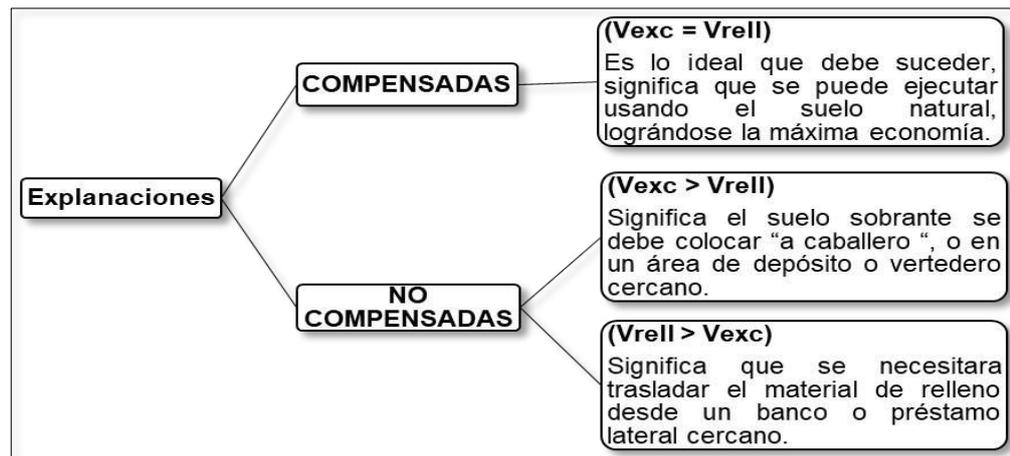


Figura 2 — División de explanación

b) **Por su forma y dimensiones:**

- **Terrazas:** (explanaciones y plataformas) en esta actividad se realiza la preferentemente el movimiento de material con equipos ya que predomina el área sobre el área.
- **Terraplenes:** en esta actividad se realiza la preferentemente el movimiento de material con equipos ya que predomina la longitud con respecto al ancho y altura, es común en la ejecución de pozas plataformas y diques.

### 3.3.6.3 Métodos para el cálculo de volúmenes en movimiento de tierra

Su clasificación comprende en:

- Los métodos exactos.
- Los métodos aproximados.

Dado que se sabe que la "precisión" de los métodos de cálculo en las actividades de movimiento de tierras es un término relativo, la magnitud

absoluta del error suele ser insignificante en comparación con la enorme carga de trabajo (generalmente error relativo). Se puede ignorar, pero la clasificación anterior se ha ajustado según la fase del proyecto.

### 3.3.6.4 Métodos exactos

#### a. Método Prismoides

Recibe su nombre porque la forma de cálculo formada entre dos secciones transversales continuas es similar a un prisma, es decir, una entidad delimitada por dos planos y superficies paralelas (base) y una superficie reglada generada por una línea recta. Ambos lados.

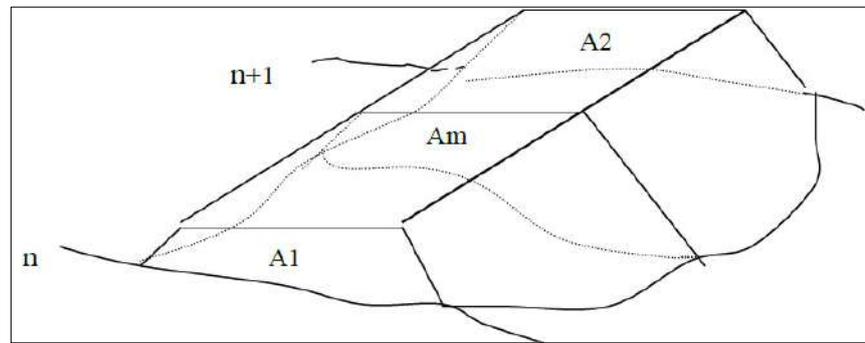


Figura 3 — Método prismoides

En esta oportunidad la fórmula prismoidal será:

$$V = d / 6 (A1 + 4A_m + A2), m^3$$

Donde:

d: distancia entre las bases, (m).

A1 y A2: Áreas de las bases n y n + 1

$A_m$  = Área media.

(Las áreas deben expresarse en  $m^2$ ).

Debido a la forma irregular de la superficie del terreno, se producirán errores de cálculo al determinar el tamaño del área inferior del prisma. Por lo tanto, el área debe calcularse con la mayor precisión posible. Por lo tanto, se recomienda:

- En cálculos preliminares al nivel de Anteproyecto:

- El área se determina mediante un método gráfico aproximado llamado "método del compa".
- En cálculos definitivos, en el ámbito del Proyecto Ejecutivo:

### b. Método de la Media de las Secciones Extremas

Si la generatriz de Prismoide es paralela al plano de dirección, es decir, no hay un cambio brusco en el terreno entre las dos secciones transversales, el área promedio es:

$$A_m = \frac{A_n + A_{n+1}}{2} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$\text{Luego: } V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot d \quad m^3 \text{ (Expresión Básica del Método)}$$

Los errores relacionados con la fórmula Prismoidal serán:

$$\Delta_1 = \frac{d}{2(A_1 + A_2)} - \frac{d}{6(A_1 + A_2 + 2A_m)} = \frac{d}{3(A_1 + A_2 - 2A_m)}$$

Este error puede ser positivo o negativo según el signo del término  $(A_1 + A_2 - 2A_m)$ .

Siempre que la diferencia entre las áreas de la sección límite no sea grande, el cálculo aproximado del valor promedio del método de la sección límite o simplemente usando el método de la sección tendrá suficiente precisión. Si esta situación persiste, que es la más común en la mayoría de casos del recorrido, y en algunos casos el error se considera afirmativo, y en otro caso puede ser negativo, se puede compensar parcialmente. Errores, que contribuyen a una alta precisión y obtienen magnitudes relativamente pequeñas de errores relativos.

### c. Método de las secciones

En estas dos situaciones básicas, introdujo:

- a) Cuando hay dos secciones transversales consecutivas (en excavación o relleno), el volumen entre las dos partes se puede calcular fácilmente mediante:



$$V = \left( \frac{A_e + A_r}{2} \right) \cdot d \quad , m^3$$

b) Cuando se está excavando una parte y la otra parte continua se está llenando o extendiendo:

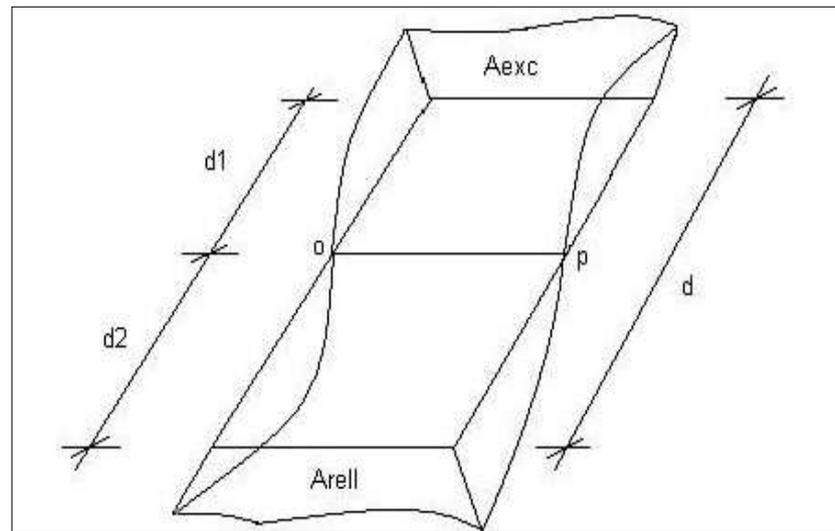


Figura 4 — Método de las secciones (caso b)

En este caso:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{A_r}{A_e} \text{ , Como: } d = d_1 + d_2$$

Entonces:

$$d_1 \cdot d \frac{A_{er}}{A_e + A_r}$$

$$d_2 \cdot d_2 \frac{A_{er}}{A_e + A_r}$$

Como la línea o-p (línea cero o línea donde se produce el cambio de excavación a relleno) posee área nula:

$$A_{rell} = d_1 \left( \frac{A_r + 0}{2} \right) = d_1 \frac{A_r}{2}$$

$$A_{exc} = d_2 \left( \frac{A_e + 0}{2} \right) = d_2 \frac{A_e}{2}$$

Sustituyendo con los valores parciales de las distancias d1 y d2:

$$V_{rell} = \frac{d}{2} \frac{A_r^2}{A_e + A_r} \quad m^3 \text{ Compactados}$$

$$V_{rell} = \frac{d}{2} \frac{A_e^2}{A_e + A_r} \quad m^3 \text{ Naturales}$$

Ahora bien, cuando dos cortes consecutivos están en el medio del talud o uno está en el medio del talud y indicando corte o relleno, los pasos a seguir producirán una nueva situación (caso c)

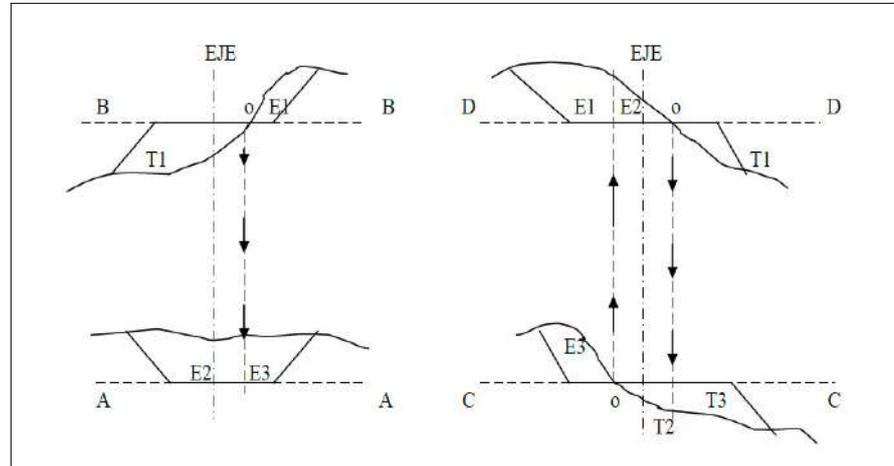


Figura 5 — Método de las secciones (caso c)

En este caso, se realizará la "construcción asistida", subdividiendo parte del área desde la excavación hasta el punto de cambio del terraplén para aplicar las expresiones básicas explicadas (casos a & b).

### 3.3.6.5 Métodos aproximados

#### a. Método de la cota roja media.

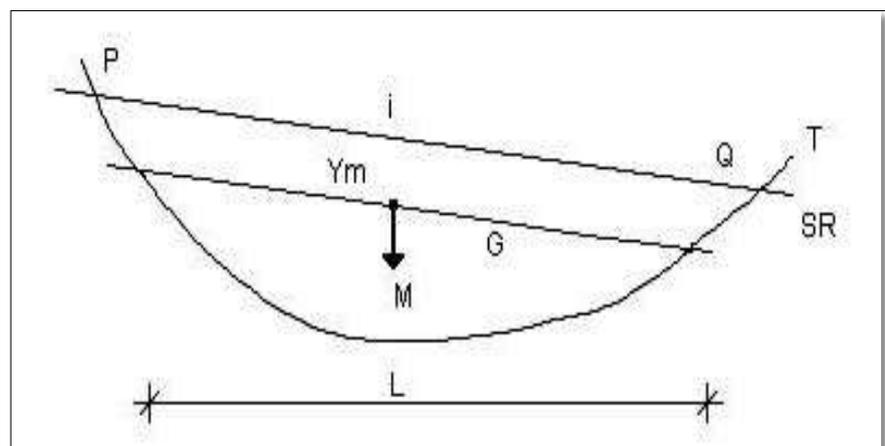


Figura 6 — Dado el perfil longitudinal de la parte del terraplén cuya longitud es "L":

Determine la altura promedio  $y_m$  del contorno, y luego use gráficos o análisis para realizar todo en la excavación o todo el relleno:

$$S = y_m \cdot L$$

Donde:  $S$  = el área de la superficie PMQ. Suponiendo el terreno horizontal de cada sección transversal, el área promedio de la sección transversal en la dimensión roja  $y_m$  es:

$$A_m = y_m \left( \frac{y_m}{i + 2a} \right)$$

Entonces, el volumen sólido del terraplén entre las secciones transversales consideradas P y Q será:

$$V = A_m \cdot L = y_m \left( \frac{y_m}{i + 2a} \right) \cdot y_m L = S \left( \frac{y_m}{i + 2a} \right)$$

Donde:

$A_m$ : área de la sección transversal media o de cota roja.

Entonces:

$$V = L \left[ \left( \frac{y_m}{i} + 2a \right) y_m \right]$$

Se puede observar que se obtiene esencialmente determinando el volumen de cada sección en la sección y el volumen de cada sección en el relleno, multiplicando el área de sección media de la sección y su longitud. Dado que todos los pasos se han asumido previamente, el programa no puede proporcionar una alta precisión de cálculo, por lo que el programa debe utilizarse en pruebas preliminares a nivel de plano.

Actualmente estos cálculos se realizan con la ayuda de programas informáticos como Civil 3D, que simplifican enormemente el proceso de cálculo, pero los ingenieros deben saber realizarlos manualmente con la mayor precisión posible, pues son muy necesarios en la fase de programación. Como se mencionó anteriormente, se utiliza para la prueba de presupuesto y cantidad de ingeniería.



### 3.3.7 Software Civil 3D

Es una herramienta de diseño y cálculo muy útil en el desarrollo de diseño de sitio, diseño urbanístico, carreteras, movimiento de tierras, cálculo topográfico, replanteo de información y otros. La principal característica del programa es que está diseñado por Autodesk para que todos los componentes del diseño estén relacionados, los objetos al ser modificados automáticamente regeneran el diseño y recalculan la información en tablas y perfiles, todo esto nos ayudará a la hora de hacer cambios en nuestra propuesta sin tener que rehacer todo el proyecto de nuevo. (REYES, 2018)

Las principales funciones y las más usadas son:

- **Importación de puntos:** El punto se importa de equipos de topografía. o desde un ordenador en formato .txt, .csv, .xml, dxf, etc.
- **Generación de superficies:** Las superficies se generan a partir de los puntos obtenidos de un levantamiento topográfico o polilíneas con sus respectivas elevaciones.
- **Generación computo de volumen:** Se usa en movimiento de tierras haciendo una comparación de dos superficies, por lo general se compara la superficie inicial y la superficie final, ambas superficies estarán tienen que estar superpuestas bajo las mismas coordenadas, lo único que varía son las elevaciones con respecto al eje Z.
- **Generación de perfil longitudinal:** El perfil longitudinal es generado para verificar la topografía de un corte específico, se puede valorar los detalles en base a las cotas, los puntos con mayor elevación y menor elevación.
- **Generación de secciones transversales:** Las secciones transversales se generan en proyectos estructurales o lineales (como carreteras). Plataformas, canales, piscinas, etc. Se utilizan para ajustar la sección transversal de cada punto de evaluación de acuerdo con la topografía del terreno (nos proporcionará informes e ideas, si es necesario cortar / rellenar, o si se trata de una zona rugosa o plana).
- **Edición de ensambles:** Son plantillas típicas de sección transversal, estas plantillas deben crearse o editarse para ser aplicadas a una determinada

longitud de corredor (por ejemplo, la sección transversal de carreteras, pasajes, desagües, plataformas, etc.).

- **Generación de corredores u estructuras lineales:** corredor es la estructura lineal que queremos diseñar, para ello usamos el ensamblaje creado y el perfil longitudinal para crear un modelo 3D de la estructura que se está diseñando después de que se genera el corredor.
- **Diseño de plataformas, diques de contención y posas:** Estas estructuras se diseñan mediante la ejecución de líneas características, líneas 2D y uno de los otros métodos, que se utilizan para determinar el tamaño de la estructura y calcular la cantidad de corte y relleno.

### 3.3.8 Diseño con AutoCAD Civil 3d

AutoCAD Civil 3D le permite entregar proyectos de ingeniería medioambientales, de transportes y urbanismo en menos tiempo y con más calidad. Sus herramientas especializadas posibilitan los procesos BIM (Building Information Modeling) y aceleran las tareas de diseño, análisis e implementación de cambios. El resultado es la capacidad de evaluar más escenarios hipotéticos y la optimización del rendimiento del proyecto. Las herramientas de Civil 3D para topografía y diseño agilizan los flujos de trabajo del proyecto porque automatizan las tareas lentas. (REYES, 2018)

#### 3.3.8.1 Topografía

La funcionalidad topográfica está totalmente integrada en Civil 3D, lo que proporciona un entorno más coherente para todas las tareas, incluida la importación directa de datos de reconocimiento sin procesar, el ajuste de mínimos cuadrados, la edición de observaciones topográficas y la creación automatizada de figuras de topografía y superficies. Es posible crear y editar interactivamente los vértices de las figuras de topografía, e identificar y editar las líneas de rotura transversales para evitar posibles problemas, lo que genera puntos, figuras topográficas y superficies que pueden utilizarse durante todo el proyecto. (REYES, 2018)

#### 3.3.8.2 Superficies y explanación

Civil 3D puede generar superficies mediante datos de reconocimiento tradicionales, como puntos y líneas de rotura. Las herramientas de reducción de superficies permiten usar grandes conjuntos de datos de

fotogrametría aérea, digitalización láser y modelos de elevación digitales. Es posible mostrar las superficies con curvas de nivel o triángulos, y realizar análisis de elevación y bandas de pendiente. Las superficies pueden actuar como referencias para crear objetos avanzados que mantienen relaciones dinámicas con los datos de origen. Las potentes herramientas de proyección de taludes y explanación permiten generar modelos de superficie para todo tipo de proyectos de explanación. (REYES, 2018)

### **3.3.8.3 Composición de parcelas**

Las parcelas se pueden generar convirtiendo entidades existentes de AutoCAD o usando herramientas de composición más flexibles para automatizar el proceso. Un cambio realizado en una parcela se refleja automáticamente en las parcelas vecinas. Las avanzadas herramientas de composición incluyen opciones para medir el frente en un desfase y distribuir las parcelas por profundidad y anchura mínimas. (REYES, 2018)

### **3.3.8.4 Modelado de obra lineal**

El modelado de obra lineal combina la geometría horizontal y vertical con componentes personalizables de sección transversal para crear un modelo 3D paramétrico y dinámico de carreteras y otros sistemas de transporte. Puede aprovechar los subensamblajes incluidos, que abarcan desde carriles de circulación, aceras y cunetas hasta complejos componentes de carril, o bien crear los suyos propios conforme a una norma de diseño. Es muy fácil modificar el modelo mediante interacción visual o cambiando los parámetros de entrada que definen la sección vial típica. Las características exclusivas de cada subensamblaje permiten enfocar el modelo 3D a funciones específicas. (REYES, 2018)

### **3.3.9 Tuberías**

Las herramientas basadas en reglas facilitan la composición de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. Puede dividir o unir redes de tuberías existentes o modificar dichas redes y las estructuras introduciendo datos gráficos o numéricos, así como detectar las interferencias. Es posible trazar y completar el borrador final de la red de tuberías en vistas de planta, perfil y

sección, además de compartir información como material y tamaño con aplicaciones de análisis externas. (REYES, 2018)

### **3.3.10 Cálculo de movimiento de tierras**

Los métodos de volumen compuesto y de promedio de área final aceleran el procesamiento de volúmenes de terreno entre las superficies existentes y propuestas. Es posible generar diagramas de masas para analizar la distancia en que pueden equilibrarse el desmonte y el terraplén, la cantidad de material que se debe desplazar, la dirección del movimiento, y la identificación de escombreras y vertederos. (REYES, 2018)

### **3.3.11 Diseño geométrico según normas**

Aproveche la composición más veloz de geometría de alineación de planta y perfil con criterios de diseño basados en normas oficiales o adaptadas a las necesidades específicas de los clientes. Las restricciones de diseño avisan a los usuarios cuando se infringen las normas, con información inmediata para poder efectuar las modificaciones necesarias. (REYES, 2018)

### **3.3.12 Herramientas específicas para el diseño de carreteras y autopistas**

Las herramientas específicas para el diseño de transportes permiten un diseño más eficiente de carreteras y autopistas. Puede crear modelos de intersección interactivos que se actualizan dinámicamente. Así se concentrará en optimizar el diseño con la certeza de que los planos de producción y las anotaciones siempre estarán al día. La composición de glorietas normalizadas es más veloz e incluye señalización vertical y horizontal. (REYES, 2018)

### **3.3.13 Análisis de cómputo de cantidades**

Puede extraer cantidades de materiales de modelos de obra lineal, o asignar tipos de material a farolas, paisajes y otros elementos. Es posible ejecutar informes y aprovechar las listas de precios incorporadas para generar documentos contractuales listos para licitación. La mayor precisión de las herramientas de cómputo de cantidades permite tomar mejores decisiones sobre el coste del proyecto con más antelación en el proceso de diseño. (REYES, 2018)

### 3.4 Marco conceptual

- a) **Movimiento de tierra:** Comprendemos por movimiento de tierras a la secuencia de actividades que se realiza sobre un terreno para la ejecución de un determinado proyecto. Dicha secuencia de actividades se puede realizar empleando mano de obra directa o mecánica empleando equipos. (TIKTIN, 1997)
- b) **Conformación:** En esta actividad no se realiza una deformación o cambio abrupto de la topografía inicial, por lo general se evitan estos cambios, no se realiza cortes o rellenos considerables más al contrario se realiza la conformación en base a un diseño. (5)
- c) **Explanación:** En esta actividad si se realiza grandes modificaciones en la topografía, se realiza corte de material y el relleno de la misma. Se toma el terreno natural como principal material para realizar obras de explanación, se emplean equipos pesados para el movimiento de material, empleando las técnicas de construcción de tal manera que se obtenga mayor cantidad de material movido con el menor costo posible. (BARROS, 1990)
- d) **Terrazas:** (explanadas o plataformas) En estas estructuras predomina la altura. (BARROS, 1990)
- e) **Terraplenes:** Entre ellos, domina la longitud, superando la anchura y la altura, como terraplenes, vías férreas, carreteras y pistas de aeropuertos. (BARROS, 1990)
- f) **Volumen:** Según el alcance, la palabra volumen tiene distintas definiciones. Una de ellas son las propiedades físicas de la materia: es el espacio que ocupa el cuerpo humano. El Sistema Internacional de Unidades define los metros cúbicos como la unidad principal de volumen. También están los decímetros cúbicos, los centímetros cúbicos y el litro (L), muy utilizado. El espacio ocupado por una sustancia se puede medir cuantitativamente en cualquier número de unidades o dimensiones. (IBAÑEZ, 2003)
- g) **Corte:** Son excavaciones sobre cualquier tipo de terreno. El lado que define el corte como una superficie de corte se llama pendiente. La intersección de la pendiente y la superficie del terreno se llama borde. (IBAÑEZ, 2003)



- h) Relleno:** También se les llama terraplenes. Estas tareas se realizan con el material de corte de otra parte del trabajo. Cuando el material sobrante es indeseable, el terraplén se retira del trabajo llamado caballero. (IBAÑEZ, 2003)
- i) Geodesia:** La geodesia es la rama que estudia la estructura y el tamaño de la tierra. Esto incluye determinar el campo gravitacional externo en la superficie de la tierra y el lecho marino. En esta definición, también se incluyen la dirección y posición de la Tierra en el espacio. (IBAÑEZ, 2003)
- j) Redes Geodésicas:** Está compuesto por una serie de puntos (vértices de la tierra o señales horizontales) cuyas coordenadas forman la base de la cartografía de un determinado lugar, por lo que también se le denomina "infraestructura de infraestructura". (IBAÑEZ, 2003))
- k) Taquimetría:** Método que permite fijar a la vez, en posición y altura los puntos del terreno, pues hace simultáneamente el levantamiento planímetro y altimétrico. (CARDERERA, 1877)
- l) Software:** El término software es una palabra inglesa que ha sido adoptada por otros idiomas (como el español) para referirse a determinadas aplicaciones informáticas. Al contrario del aspecto físico de una computadora, este término se refiere al software de la computadora. El software consiste en un conjunto de programas diseñados para cumplir funciones específicas en el sistema, independientemente de que los programas sean realizados por el usuario o por la misma empresa dedicada a la informática. (CARDERERA, 1877)
- m) Civil 3d:** AutoCAD Civil 3D es un poderoso software que se utiliza para calcular y diseñar diversas estructuras e infraestructuras, que incluyen principalmente movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías. Es un producto de Autodesk, por lo que puede compartir muchas herramientas con AutoCAD 2D y 3D que utilizan muchos ingenieros y topógrafos.

## CAPITULO IV METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo y nivel de investigación

#### Tipo

El tipo de investigación es aplicada por que es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver. A la vez es de enfoque cuantitativo, ya que recogeremos y analizaremos datos numéricos sobre las variables de estudio como son el control de movimiento de tierras y la estabilidad física del pad de lixiviación.

#### Nivel

El nivel de la investigación es de tipo explicativo ya que tiene la característica de establecer causa y efecto entre sus variables son más profundas y estructuradas a diferencia de los alcances previos, existen variables independientes (causas) y variables dependientes (efectos) y las hipótesis se plantean a manera de causalidad. (ARIAS, 2020)

### 4.2 Diseño de la investigación

Según PALELLA Y MARTINS (2012) “El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento “Demostrar el mejoramiento del control de movimiento de tierra y la optimización de la estabilidad física del Pad de Lixiviación a través de la aplicación del software civil 3D en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020

El diseño del material de investigación se realizará a través de la aplicación del software Civil 3D, y el tratamiento de todos se realizará mediante el uso de hoja de datos o archivos .txt y su cálculo estadístico se realizará a través de la aplicación de hojas de cálculo Excel.

#### **4.3 Población y muestra**

##### **Población**

Se toma como universo poblacional a la Unidad Minera Anama. y la empresa AJANI S.A.C. especializadas en brindar servicio de construcción en minería.

##### **Muestra**

La muestra es el cierre progresivo del Pad de Lixiviación – Sector 03, 5.0 Hectáreas, debido a la facilidad y amplitud de la información que puede disponer el investigador.

#### **4.4 Procedimiento**

El procedimiento de la investigación se realizó en base a la programación de actividades establecido en el proyecto de tesis. La documentación que conforma la parte teórica se recopiló de trabajos de investigación, artículos mineros y páginas de organismos nacionales.

Para recopilar los datos tendremos en cuenta los reportes de producción diaria donde se registra los avances realizados a la fecha y por realizar, los cuales serán registrados en una hoja de cálculo Excel para su evaluación.

Los procedimientos de investigación de datos estarán en función al proceso constructivo, considerando los retrasos, nuevos alcances y variación de partidas.

#### **Procedimiento del Proyecto aplicando el método tradicional**

##### **1. Procedimiento para armar el presupuesto**

Para armar un presupuesto de un proyecto de estabilidad física es necesario:

- a) El contratista y el cliente tendrán que definir el tipo de contrato y las condiciones generales por el cual se desarrollará el proyecto.
- b) Determinar las partidas que contemple el desarrollo de un proyecto de estabilidad física.
- c) Calcular los metrados de áreas y volúmenes

- d) Definir el rendimiento del proyecto ( $\text{m}^2/\text{día}$ ,  $\text{m}^3/\text{día}$ ) por cada partida, en el método tradicional este dato se obtuvo de trabajos similares desarrollados en la unidad minera conocidos como datos históricos.
- e) Se definió la cantidad de personal (plantilladores, vigía y operadores de equipo pesado) requeridos para el desarrollo del proyecto de estabilidad física.
- f) Definir los equipos, herramientas y materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

## 2. Procedimiento para calcular metrados

Aplicando el método tradicional los metrados calculados fueron área y volumen en banquetas y taludes de acuerdo a las partidas del proyecto de estabilidad física.

Las partidas del proyecto de estabilidad física son:

- Área total ( $\text{m}^2$ )
  - Movimiento de tierra
  - Corte de material en talud con equipo ( $\text{m}^3$ )
  - Corte de material en banqueta con equipo ( $\text{m}^3$ )
  - Extendido de material de corte ( $\text{m}^3$ )
  - Perfilado de talud c/equipo ( $\text{m}^2$ )
  - Perfilado de banquetas c/equipo ( $\text{m}^2$ )
- a) Primero el cliente nos facilita un plano en el cual muestra un área total liberado para estabilidad física.
  - b) Para poder calcular el área y volumen primero realizamos un levantamiento topográfico de toda la zona donde se desarrollará el proyecto, el levantamiento topográfico es general solamente se levantó las banquetas la representación de los taludes se realiza a través de una triangulación.
  - c) En el método tradicional el área en banquetas y taludes se calculó utilizando las herramientas básicas del software civil 3d; trazando un polígono cerrado en 2D en el límite de las banquetas y taludes y luego el resultado se obtuvo en las propiedades del polígono cerrado.
  - d) El procedimiento tradicional para la determinación del volumen de corte y relleno en taludes y banquetas fue a través del software civil 3D, se realizó

mediante el trazo de un alineamiento que va de extremo a extremo abarcando el área total del proyecto de estabilidad física, las secciones se identificarán mediante progresivas que a cada 10 o 20 metros.

- e) Posterior a ello en el software civil 3D se genera secciones en cada progresiva; las secciones son utilizadas para realizar manualmente el bosquejo de los parámetros en cada lift y así determinar el área del material de corte y relleno en cada sección.
- f) En el software civil 3D se obtiene las áreas por cada lift y por cada progresiva y para obtener el volumen de corte o relleno se multiplica el área de una sección de corte por la distancia de progresiva a progresiva; y finalmente se muestra en una tabla para posteriormente asomar los resultados parciales y obtener un resultado general de corte y relleno en banquetas y taludes.

### **3. Procedimiento para la programación del proyecto**

- a) El cronograma del proyecto tiene como finalidad fijar una fecha de inicio y una fecha de finalización de la ejecución del proyecto de estabilidad física.
- b) En el método tradicional de ejecución del proyecto, el cronograma se realizó en el Project en el cual se estableció una fecha de inicio y una fecha final para cada partida del proyecto de estabilidad física
- c) Como rendimiento del proyecto ( $m^2/día$ ,  $m^3/día$ ) se consideró a partir de las condiciones generales definidas entre el contratista y el cliente para la elaboración del proyecto.

### **4. Procedimiento para el control y seguimiento del proyecto**

El control y seguimiento del proyecto se desarrolló a través de indicadores kpi.

#### **Reporte diario**

- a) Reporte diario: se realiza un cuadro donde contempla el metrado inicial, avance diario, acumulado a la fecha y el saldo pendiente de las partidas ejecutadas.
- b) El cuadro de reporte diario se actualiza diariamente
- c) Las partidas que se actualizan diariamente son: área total, corte de material en talud con equipo, corte de material en banqueta con equipo, extendido de material de corte, perfilado de talud c/equipo.

- d) Los datos son diariamente obtenidos por el área de topografía.
- e) Para calcular el área se realiza un levantamiento topográfico del perímetro ejecutado diariamente
- f) Para calcular el volumen se realiza el cálculo en gabinete. se multiplica el área de la sección por la longitud trabajado durante el día.

#### **Reporte semanal**

- a) Para el reporte semanal se realiza la sumatoria de los reportes diarios durante los 7 días de la semana
- b) Y se clasifica con un color diferente para cada semana

#### **Curvas**

- a) Es una representación gráfica del cumplimiento de la ejecución del proyecto
- b) Se realiza en base a los metrados iniciales, avance diario y el porcentaje acumulado de cada partida ejecutado durante el tiempo de trabajo.

### **5. Procedimiento para la valorización del proyecto**

Para la valorización del proyecto de estabilidad física se realiza.

- a) Un levantamiento topográfico final de banquetas y taludes.
- b) Para determinar el área en banquetas y taludes se generan polígonos de banquetas y taludes en planta y se saca el resultado a través de sus propiedades.
- c) Se realiza en gabinete la comparación de superficies del levantamiento topográfico inicial y el levantamiento topográfico final para determinar la cantidad exacta de volumen de corte o relleno realizado en la ejecución del proyecto
- d) Los metrado finales obtenidos y la revisión del cumplimiento de los parámetros de ancho de banco, altura de banco y ángulo de reposo son conciliados con el área de topografía del cliente
- e) Posteriormente en base a los metrados conciliados se genera un plano de valorización final el cual se pasa al área de oficina técnica para su valorización final del proyecto.



## Procedimiento del Proyecto aplicando el software civil 3D

### 1. Procedimiento para armar el presupuesto

Para armar un presupuesto de un proyecto de estabilidad física es necesario:

- a) El contratista y el cliente tendrán que definir el tipo de contrato y las condiciones generales por el cual se desarrollará el proyecto.
- b) Determinar las partidas que contemple el desarrollo de un proyecto de estabilidad física.
- c) Calcular los metrados de áreas y volúmenes
- d) Definir el rendimiento del proyecto ( $m^2/día$ ,  $m^3/día$ ) por cada partida, en el método tradicional este dato se obtuvo de trabajos similares desarrollados en la unidad minera conocidos como datos históricos, también se adjuntó las condiciones imprevistas como clima adverso, las paradas por mantenimiento mecánico del equipo y la designación del equipo para otros trabajos imprevistos que hacen que el trabajo se retrase.
- e) Se definió la cantidad de personal (plantilladores, vigía y operadores de equipo pesado) requeridos para el desarrollo del proyecto de estabilidad física.
- f) Definir los equipos, herramientas y materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

### 2. Procedimiento para calcular metrados

Aplicando el software civil 3D los metrados se calcularon en base a un diseño inicial acuerdo a las partidas del proyecto de estabilidad física.

Las partidas del proyecto de estabilidad física son:

- Área total ( $m^2$ )
- Movimiento de tierra
- Corte de material en talud con equipo ( $m^3$ )
- Corte de material en banquetta con equipo ( $m^3$ )
- Extendido de material de corte ( $m^3$ )

- Perfilado de talud c/equipo (m<sup>2</sup>)
  - Perfilado de banquetas c/equipo (m<sup>2</sup>)
- a) Primero el cliente nos facilita un plano en el cual muestra un área total liberado para estabilidad física.
  - b) Para poder calcular el área y volumen primero realizamos un levantamiento topográfico detallado de toda la zona donde se desarrollará el proyecto, para el levantamiento topográfico detallado de taludes y banquetas: en banquetas se redujo la malla de triangulación hasta 1 metro y en taludes se aplicó el método de rebote o levantamiento topográfico con láser con la única finalidad de obtener una información precisa del terreno.
  - c) Para realizar el diseño de taludes y banquetas realizamos la interpretación de parámetros de estabilidad física los cuales son facilitados por el área de ingeniería del cliente, estos parámetros de estabilidad son: altura de banco (lift), ancho de banco y ángulo de reposo del talud.
  - d) En base a estos parámetros se realizará el diseño teniendo en cuenta siempre la menor cantidad de movimiento de tierras.
  - e) Para realizar el diseño se utiliza software civil 3D, una de las bondades del civil 3D es la herramienta GRADING que tiene múltiples aplicaciones en el diseño de pozas, diques y botaderos. En esta ocasión aplicaremos sus herramientas en el diseño de taludes y banquetas los cuales serán diseñados como un objeto tridimensional.
  - f) Para calcular el área en banquetas y taludes simplemente fue necesario separa los taludes y banquetas ya que es una superficie en 3 dimensiones. El área lo podemos visualizar en las propiedades de la superficie donde nos muestra un área en 3D y 2D. para fines de cálculo utilizaremos el área en 2D.
  - g) Para Calcular el volumen utilizamos la herramienta VOLUMES DASHBOARD con el cual haremos la comparación de dos superficies uno que será el levantamiento topográfico inicial y el otro el diseño de taludes y banquetas de tal forma que tendremos un volumen específico de corte o relleno en taludes y otro en banquetas.



- h) Los metrados obtenidos en cuanto a áreas y volúmenes serán facilitados al área de oficina técnica para armar el presupuesto.

### 3. Procedimiento para la programación del proyecto

- a) El cronograma del proyecto tiene como finalidad fijar una fecha de inicio y una fecha de finalización de la ejecución del proyecto de estabilidad física.
- b) En el método tradicional de ejecución del proyecto, el cronograma se realizó en el Project en el cual se estableció una fecha de inicio y una fecha final para cada partida del proyecto de estabilidad física.
- c) Como rendimiento del proyecto ( $m^2/día$ ,  $m^3/día$ ) se consideró a partir de las condiciones generales definidas entre el contratista y el cliente para la elaboración del proyecto.

### 4. Procedimiento para el control y seguimiento del proyecto

El control y seguimiento del proyecto se desarrolló a través de indicadores kpi

#### Reporte diario

- a) Reporte diario: se realiza un cuadro donde contempla el metrado inicial, avance diario, acumulado a la fecha y el saldo pendiente de las partidas ejecutadas.
- b) El cuadro de reporte diario se actualiza diariamente
- c) Las partidas que se actualizan diariamente son: área total, corte de material en talud con equipo, corte de material en banquetta con equipo, extendido de material de corte, perfilado de talud c/equipo.
- d) Los datos son diariamente obtenidos por el área de topografía.
- e) Para calcular el área se realiza un levantamiento topográfico detallado del trabajo ejecutado diariamente para el resultado se genera una superficie y el área se verá en las propiedades de la superficie en 2D.
- f) Para Calcular el volumen utilizamos la herramienta VOLUMES DASHBOARD con el cual haremos la comparación de dos superficies

uno que será el levantamiento topográfico inicial y el otro el diseño de taludes y banquetas de tal forma que tendremos un volumen específico de corte o relleno en taludes y/o banquetas según sea el avance diario.

### **Reporte semanal**

- a) Para el reporte semanal se realiza la sumatoria de los reportes diarios durante los 7 días de la semana
- b) Y se clasifica con un color diferente para cada semana

### **Curvas**

- a) Es una representación gráfica del cumplimiento de la ejecución del proyecto.
- b) Se realiza en base a los metrados iniciales, avance diario y el porcentaje acumulado de cada partida ejecutado durante el tiempo de trabajo

## **5. Procedimiento para la valorización del proyecto**

Para la valorización del proyecto de estabilidad física se realiza.

- a) Un levantamiento topográfico detallado final de banquetas y taludes
- b) Para calcular el área se utiliza el levantamiento topográfico final se hace el mismo procedimiento para separar banquetas de taludes y se calcula el área en las propiedades de la superficie en 2D.
- c) Se realiza en gabinete la comparación de superficies del levantamiento topográfico inicial y el levantamiento topográfico final para determinar la cantidad exacta de volumen de corte o relleno realizado en la ejecución del proyecto.
- d) Los metrado finales obtenidos y la revisión del cumplimiento de los parámetros de ancho de banco, altura de banco y ángulo de reposo son conciliados con el área de topografía del cliente.
- e) Posteriormente en base a los metrados conciliados se genera un plano de valorización final el cual se pasa al área de oficina técnica para su valorización final del proyecto.

#### **4.5 Técnica e instrumentos**

Los instrumentos usados en el presente proyecto de tesis fueron básicamente los datos registrados en campo a partir de los levantamientos topográficos y su posterior procesamiento de datos.

El procesamiento de datos consta de la interpretación del levantamiento topográfico y el cálculo volumétrico empleando el software Civil 3D como principal herramienta de investigación.

#### **4.6 Análisis estadístico**

Para procesamiento de datos se utilizó el programa AutoCAD civil 3D y el gestor de hoja de cálculo Excel.

## CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Análisis de resultados

El mejoramiento del control de movimiento de tierra y la optimización de la estabilidad física del pad de lixiviación a través de la aplicación del software 3D en la unidad minera ANAMA. El corte y relleno en una mina superficial deben seguir las prácticas operativas y diseñadas para minimizar los costos operativos y garantizar un ambiente de trabajo seguro para el personal. Las prácticas para el mejoramiento del corte y relleno, optimización de tiempos y costos aplicando el software autocad civil 3D por su relevancia se han considerado los siguientes factores:

- Corte
- Relleno
- Estabilidad física del pad de lixiviación
- Tiempo
- Costo

Todo lo listado nos conlleva a hacer controles de corte, relleno, tiempo y costo, en los cuadros siguientes se observará una diferencia entre los cortes y rellenos, pad de lixiviación, tiempo y costos usando método tradicional y aplicando el software civil 3D.

**Proyecto aplicando método tradicional “Cierre Progresivo Estabilidad Física Pad Lixiviación 7.08 Ha etapa I”**

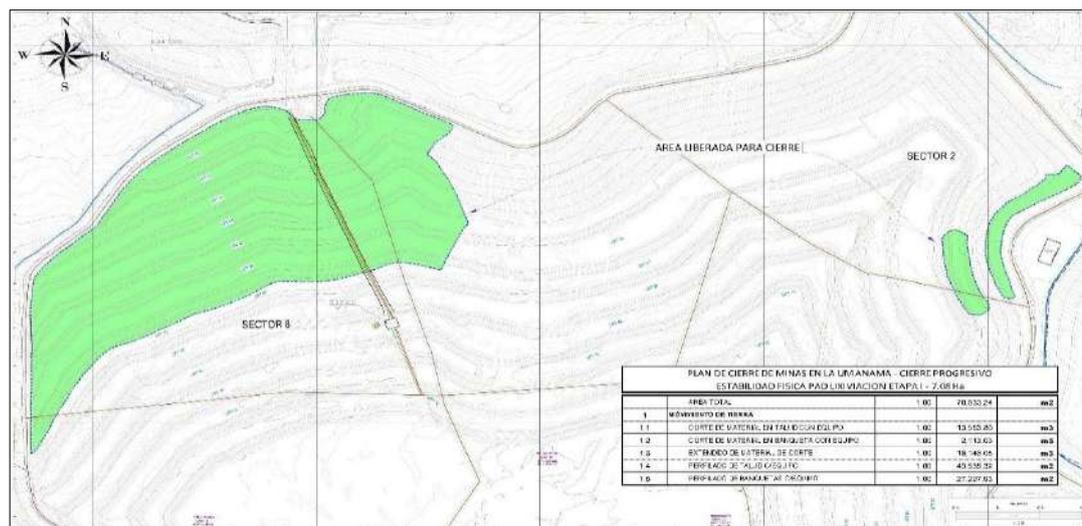


Figura 7 — Proyecto aplicando el método tradicional etapa I

### 5.1.1 Presupuesto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

El presupuesto del proyecto es el costo total esperado para completar un proyecto dentro de un período específico. Esta es una estimación detallada de todos los costos necesarios para completar las tareas del proyecto. En esta ocasión AJANI SAC realizo el presupuesto en base a antecedentes históricos de proyectos similares ejecutados en el proyecto ANAMA y la información de metrados realizados por el área de topografía

#### 5.1.1.1 Tipo de contrato

AJANI SAC es una empresa tercera dentro del proyecto ANAMA liderada por la empresa ANABI SAC. Las condiciones de los contratos y condiciones comerciales están reguladas por el cliente (ANABI SAC).

Tabla 4 — Tipo de contrato del Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

CONDICIONES COMERCIALES:	
1.-	La modalidad de contratación es a PRECIOS UNITARIOS
2.-	El Costo Directo del Presupuesto adjunto obedece al alcance proporcionado por el Cliente.
3.-	El alcance se ha estimado con una duración de 2 MESES bajo régimen de trabajo de 14x7
4.-	Se ha considerado un régimen de trabajo de 10 horas / día
5.-	El Cliente proporcionara los Planos y Especificaciones técnicas necesarias para ejecución de las Obras
6.-	El Cliente proporcionara el suministro de energía eléctrica y el acceso a los terrenos donde se ejecutarán las obras.



7.-	El Cliente proporcionara los permisos, licencias y autorizaciones que fueran necesarios.
8.-	El Cliente proporcionara el servicio de vigilancia y telecomunicaciones en la zona de ejecución de la obra.
9.-	El Cliente proporcionara el combustible para los equipos livianos y pesados, puesto en la zona de operaciones.
10.-	El Cliente proporcionara el alojamiento y alimentación para el personal asignado a la ejecución de las obras.
11.-	El Cliente proporcionara el transporte del personal para las salidas por concepto de días libres, hasta Abancay.
12.-	El Cliente asumirá la limpieza de baños químicos para cada frente de trabajo.
13.-	El Cliente proporcionara el servicio de atenciones médicas.
14.-	La valorización se realizará de manera mensual, de acuerdo a los recursos utilizados.
15.-	El presente presupuesto ha sido elaborado en base a la información remitida por el Cliente. La existencia de alguna modificación, incluso procedimientos y estándares propios del cliente y/o del proyecto no dados a conocer en la etapa de elaboración del presupuesto, será causal de reconsideración de los precios establecidos inicialmente.

### 5.1.1.2 Descripción de Partidas de Estabilidad Física del pad de lixiviación

#### 7.08 Ha etapa II

Las partidas definen cada una de las partes que serán materia de cobranza al cliente, en esta ocasión se consideró partidas para la estabilidad física del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I como trabajos preliminares se contempló nivelación trazo y replanteo con equipo y para el movimiento de tierras se consideró corte de material en talud con equipo, corte de material en banqueteta con equipo, extendido de material, perfilado de talud con equipo y perfilado de banquetetas con equipo.

**Tabla 5 — Descripción de las partidas de estabilidad física del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1.0	"CIERRE PROGRESIVO DEL PAD LIXIVIACION: ESTABILIDAD FISICA EN U.E.A. VALERIA"	
1.2	PAD DE LIXIVIACION (Cierre progresivo) Etapa I	
	ESTABILIDAD FISICA (7.08 Ha)	
1.2.1	TRABAJOS PRELIMINARES	
1.2.1.1	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	m <sup>2</sup>
1.2.2	MOVIMIENTO DE TIERRA	
1.2.2.1	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	m <sup>3</sup>
1.2.2.2	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	m <sup>3</sup>
1.2.2.3	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	m <sup>3</sup>
1.2.2.4	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	m <sup>2</sup>
1.2.2.5	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	m <sup>2</sup>

### 5.1.1.3 Elaboración de metrados Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

#### a) Cálculo de área en banquetas y taludes del Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

Para el cálculo de áreas mediante el procedimiento tradicional se utilizó algunas herramientas Cad del software civil 3D, previamente el cliente nos proporcionó el plano que nos permite visualizar el total del área liberado para la estabilidad física y posteriormente se procede a trabajos del levantamiento topográfico en toda la zona que se llevara el proyecto la delimitación se realizó a través de una polilínea cerrada en planta (2D) y se visualiza en las propiedades de dicho objeto geométrico.

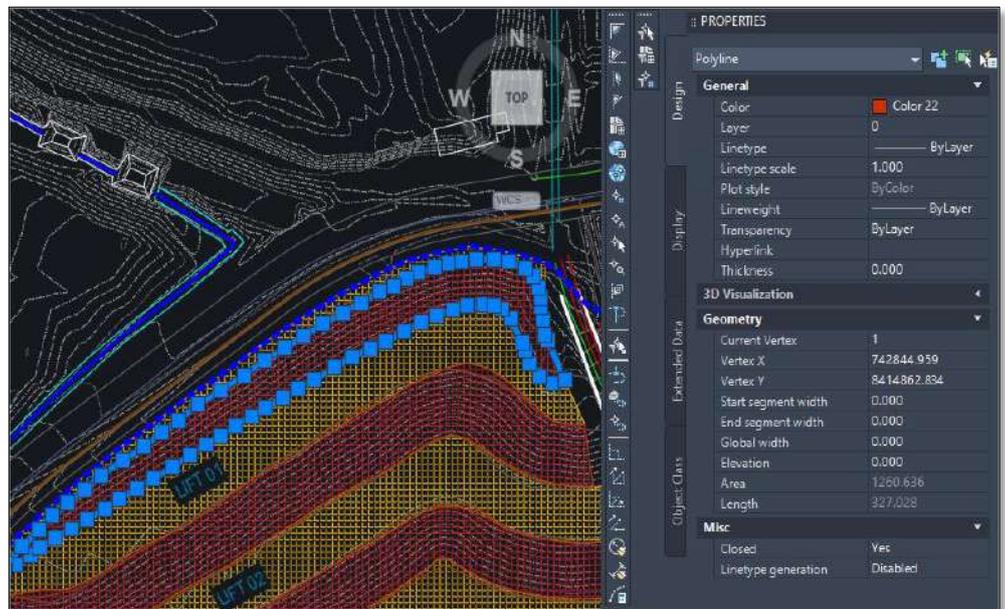


Figura 8 — Cálculo de área en banquetas y taludes Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

#### b) Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes Pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

El procedimiento tradicional para la determinación del volumen de corte y relleno con el software civil 3D, se realizó a través de secciones que van a lo largo del alineamiento y su identidad es en base progresivas de 10 metros o 20 metros de longitud, posterior a ello se utilizó las secciones para realizar manualmente el bosquejo de los parámetros en cada lift y así determinar el área del material de corte y relleno en cada sección.

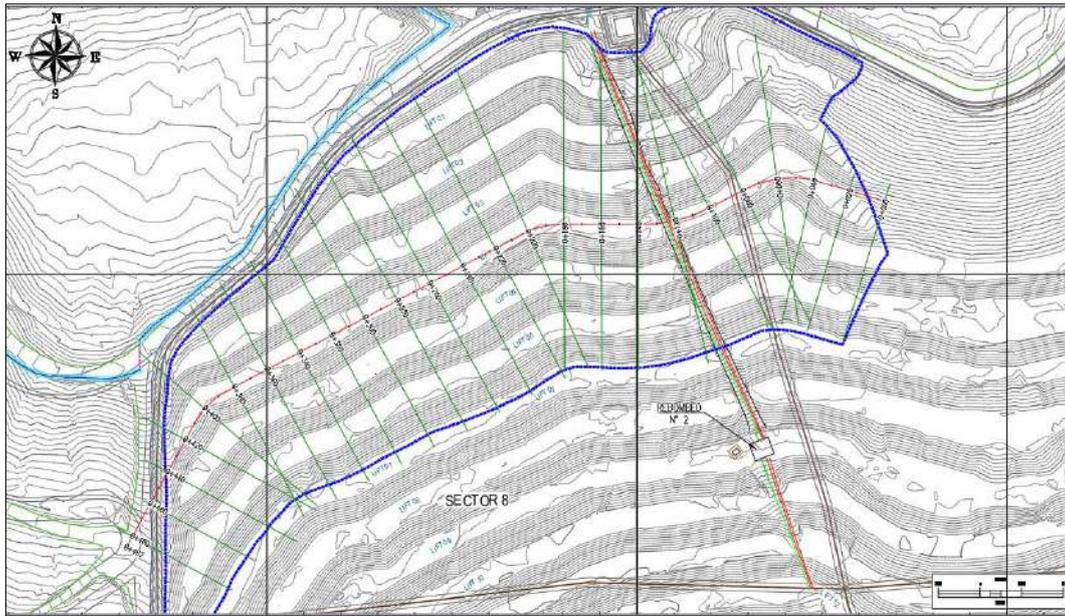


Figura 9 — Distribución de secciones en el pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

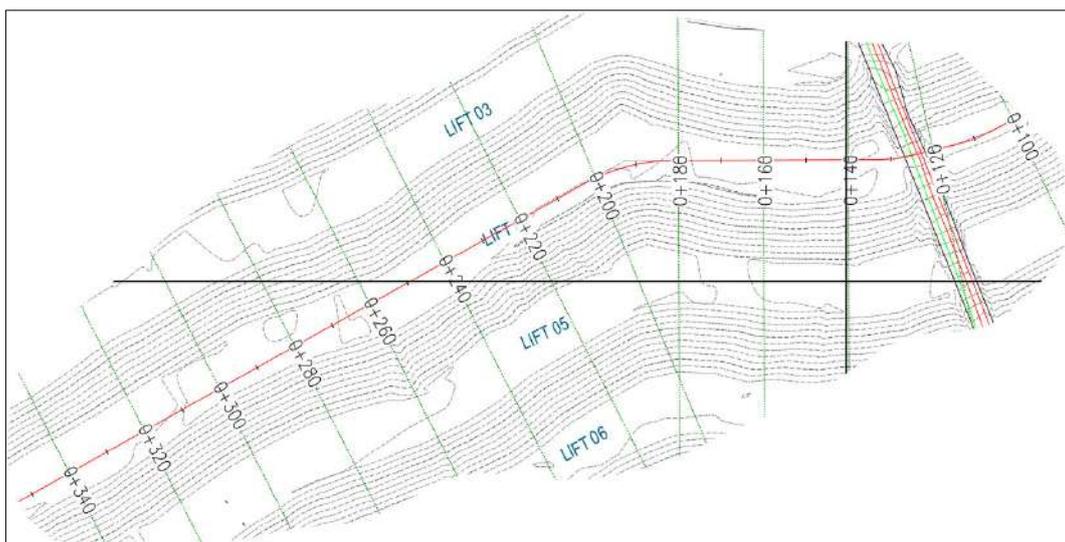


Figura 10 — Progresivas y líneas de corte a cada 20 metros pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

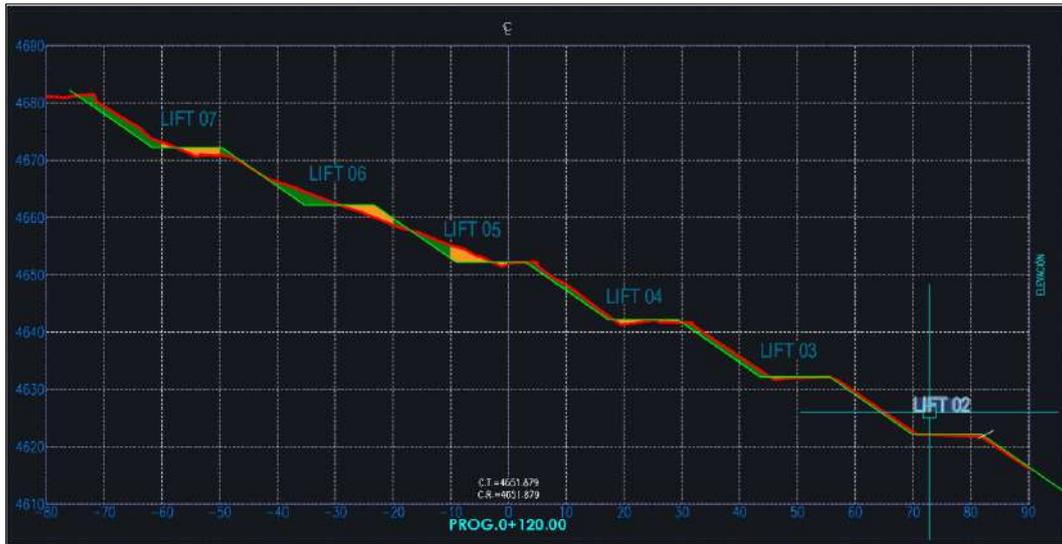


Figura 11 — Distribución de áreas de corte y relleno pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

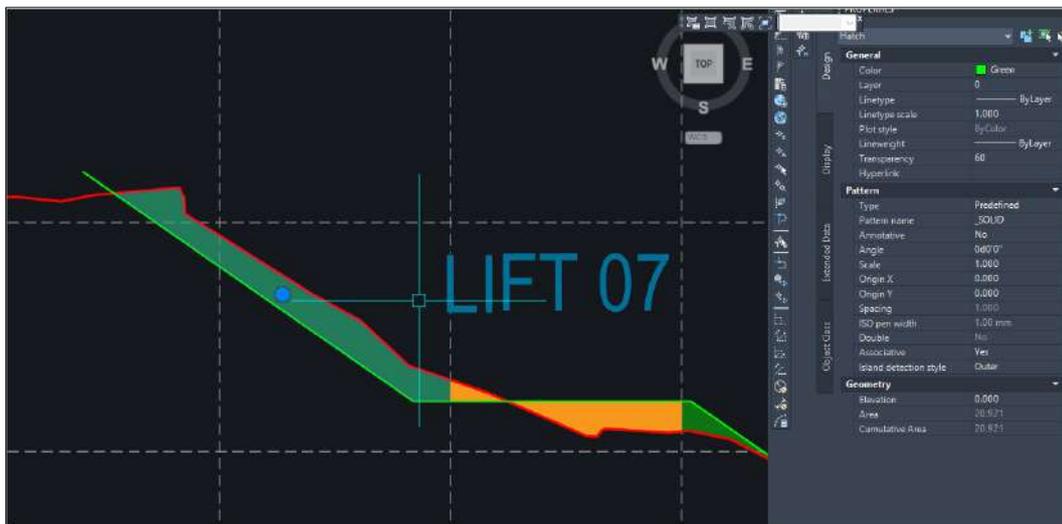


Figura 12 — Cálculo de corte y relleno pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

c) **Resumen de metrados**

El procedimiento tradicional para la determinación de los metrados, se realizó calculando el área de corte y relleno en cada lift y sección, el área obtenida se multiplica con la longitud de progresiva a progresiva y también la suma de los resultados en área, volumen de corte/relleno y finalizando con un resumen de metrados de los diferentes ítems de control en un cuadro Excel y un plano de metrados.

Tabla 6 — Metrados en Talud del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

TALUD						
PROGRESIVA	AREA CORTE	AREA RELLENO	VOL. CORTE	VOL. RELLENO	VOL CORTE ACUM.	VOL. RELLENO ACUM.
0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	0.51	14.26	5.12	142.60	5.12	142.60
0+040	0.06	12.33	5.76	265.90	10.88	408.50
0+060	9.52	26.34	95.80	386.70	106.68	795.20
0+080	0.79	5.07	103.04	314.13	209.72	1109.33
0+100	24.58	48.36	253.70	534.33	463.42	1643.66
0+120	78.67	45.60	1032.49	939.60	1495.91	2583.26
0+140	12.98	52.33	916.46	979.30	2412.37	3562.56
0+160	36.76	13.55	497.36	658.80	2909.73	4221.36
0+180	32.78	15.36	695.41	289.10	3605.14	4510.46
0+200	16.82	5.26	574.93	206.20	4180.07	4716.66
0+220	25.98	8.66	427.96	139.20	4608.03	4716.66
0+240	31.87	9.48	578.49	181.40	5186.52	5037.26
0+260	16.13	8.64	480.00	181.22	5666.52	5218.48
0+280	28.92	4.10	450.50	127.40	6117.02	5345.88
0+300	31.21	12.20	601.26	162.98	6718.28	5508.86
0+320	43.07	1.23	742.72	134.30	7461.00	5643.16
0+340	31.07	0.00	741.37	12.30	8202.37	5655.46
0+360	29.08	3.39	601.50	33.87	8803.87	5689.33
0+380	47.15	2.28	762.29	56.63	9566.16	5745.96
0+400	22.66	38.08	698.09	403.51	10264.25	6149.47
0+420	37.47	12.30	601.30	503.78	10865.55	6653.25
0+440	29.96	12.76	674.31	250.61	11539.86	6903.86
0+460	13.86	6.29	438.15	190.47	11978.01	7094.33
0+480	17.57	2.21	314.21	85.01	12292.22	7179.34
0+500	21.00	0.12	385.66	23.31	12677.88	7202.65
0+520	14.56	0.77	355.60	8.84	13033.48	7211.49
0+540	13.46	2.38	280.16	31.47	13313.64	7242.96
0+560	13.56	3.26	270.16	56.39	<b>13583.80</b>	<b>7299.35</b>

Tabla 7 — Metrados en Banquetas del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

BANQUETAS						
PROGRESIVA	ÁREA CORTE	ÁREA RELLENO	VOL. CORTE	VOL. RELLENO	VOL. CORTE ACUM.	VOL. RELLENO ACUM.
0+000	0	0	0	0	0	0
0+020	0	0	0	0	0	0
0+040	0	15	0	150	0	150
0+060	0	2.55	0	175.5	0	325.5
0+080	0.25	26.322	2.5	288.72	2.5	614.22
0+100	1.922	28.3	21.72	546.22	24.22	1160.44
0+120	2.546	45.85	44.68	741.5	68.9	1901.94
0+140	4.991	65.22	75.37	1110.7	144.27	3012.64
0+160	3.004	42.8	79.95	1080.2	224.22	4092.84
0+180	3.555	12.2	65.59	550	289.81	4642.84
0+200	2.095	23.1	56.5	353	346.31	4995.84
0+220	8.114	6.423	102.09	295.23	448.4	4995.84
0+240	1.909	2.553	100.23	89.76	548.63	5380.83
0+260	5.126	4.338	70.35	68.91	618.98	5449.74
0+280	5.624	5.537	107.5	98.75	726.48	5548.49
0+300	6.872	41.26	124.96	467.97	851.44	6016.46
0+320	1.265	4.585	81.37	458.45	932.81	6474.91
0+340	1.941	7.729	32.06	123.14	964.87	6598.05
0+360	1.322	17.624	32.63	253.53	997.5	6851.58
0+380	3.418	9.947	47.4	275.71	1044.9	7127.29
0+400	0.182	16.202	36	261.49	1080.9	7388.78
0+420	8.488	6.131	86.7	223.33	1167.6	7612.11
0+440	28.072	12.519	365.6	186.5	1533.2	7798.61
0+460	2.331	6.824	304.03	193.43	1837.23	7992.04
0+480	8.854	9.617	111.85	164.41	1949.08	8156.45
0+500	0.291	10.102	91.45	197.19	2040.53	8353.64
0+520	3.024	4.692	33.15	190.21	2073.68	8543.85
0+540	0.242	11.127	32.66	158.19	2106.34	8702.04
0+560	0.427	3.339	6.69	144.66	<b>2113.03</b>	<b>8846.7</b>

Tabla 8 —Metrados del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

METRADOS PAD LIXIVIACIÓN PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA U.M. ANAMA – CIERRE PROGRESIVO				
	ÁREA TOTAL	1	70,833.24	m <sup>2</sup>
<b>1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>			
1.1	Corte de material en talud con equipo	1	13,583.80	m <sup>3</sup>
1.2	Corte de material en banquetta con equipo	1	2,113.03	m <sup>3</sup>
1.3	Extendido de material de corte	1	16,146.05	m <sup>3</sup>
1.4	Perfilado de talud c/equipo	1	43,535.32	m <sup>2</sup>
1.5	Perfilado de banquetas c/equipo	1	27,297.93	m <sup>2</sup>

### 5.1.2 Análisis de precios Unitarios

El procedimiento tradicional para la determinación del análisis de precios unitarios, se realizó bajo los diferentes ítems de control, así como: nivelación trazo y replanteo c/equipo, corte de material en talud con equipo, corte de material en banquetta con equipo, extendido de material de corte, perfilado de talud c/equipo, perfilado de banquetta c/equipo. En el cual se evidencia la gran demanda de personal para la ejecución de la estabilidad física, así como vigías y plantilladores.

Tabla 9 —Análisis de precios unitarios del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

Análisis de precios unitarios								
Perfilado PAD ETAPA I								
Partida	NIVELACIÓN TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO							
Rendimiento	m2/DIA	MO.	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>		
							0.37	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra							
				hh	2.0000	0.0200	6.31	0.13
				hh	4.0000	0.0400	5.75	0.23
								0.36
	Equipos							
				%mo		0.0300	0.36	0.01
								0.01
Partida	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO							
Rendimiento	m3/DIA	MO.	2,300.0000	EQ.	2,300.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		
							0.36	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra							
				hh	1.0000	0.0043	6.31	0.03
				hh	1.0000	0.0043	9.16	0.04
								0.07
	Equipos							
				hm	1.0000	0.0043	68.00	0.30
								0.30
Partida	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO							
Rendimiento	m3/DIA	MO.	2,600.0000	EQ.	2,600.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		
							0.32	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra							
				hh	1.0000	0.0038	6.31	0.02
				hh	1.0000	0.0038	9.16	0.04
								0.06



**Tabla 10 — Costo unitario directo perfilado del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I**

Análisis de precios unitarios perfilado pad etapa I		
Partida	Unidad	Costo unitario directo
Nivelación de trazo y replanteo con equipo	m <sup>2</sup>	0.37
Corte de material en talud con equipo	m <sup>3</sup>	0.36
Corte de material con banqueta	m <sup>3</sup>	0.32
Extendido de material con corte	m <sup>3</sup>	0.24
Perfilado de talud con equipo	m <sup>2</sup>	0.60
Perfilado de banquetas con equipos	m <sup>2</sup>	0.54

**Tabla 11 — Insumos del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I**

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo						
Perfilado PAD ETAPA I						
Código	Descripción Recurso	Unidad		Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>					
	OFICIAL	hh		2,017.0656	6.31	12,727.68
	PEON	hh		2,833.3297	5.75	16,291.65
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh		600.4008	9.16	5,499.67
						<b>34,519.00</b>
	<b>Equipos</b>					
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP	hm		600.4008	68.00	40,827.25

En cuanto a análisis de precios y cantidades de recursos requeridos por tipo de perfilado PAD de la etapa II se pudo determinar la valorización de 40,827.25 dólares.

### Resumen de presupuesto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

**Tabla 12 — Presupuesto del Proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I**

PRESUPUESTO						
PROYECTO	:	UM VALERIA - ANAMA				
OBRA	:	"CIERRE PROGRESIVO DEL PAD LIXIVIACIÓN: ESTABILIDAD FISICA EN U.E.A. VALERIA"				
PROPIETAIO	:	ANABI SAC				
CONTRATISTA	:	AJANI SAC				
FECHA	:	Ene-20				
TIPO CONTRATO	:	PRECIO UNITARIO				

ITEM	DESCRIPCION		SUB TOTAL ORIGINA L
1.1	PAD DE LIXIVIACION (Cierre progresivo) Etapa I	US. \$	76,103.18
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	US. \$	76,103.18
	GASTOS GENERALES		
	UTILIDAD	10.00 %	7,610.32
	<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	US. \$	83,713.51
	IGV	18.00 %	15,068.43
	<b>TOTAL PRESUPUESTO (incl. IGV)</b>	US. \$	98,781.94

Tabla 13 — Costo del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDA D	METRAD O (A)	Precio Unitari o ('E)	SUB TOTAL (US\$) (A)*(E)
1.0	"CIERRE PROGRESIVO DEL PAD LIXIVIACION: ESTABILIDAD FISICA EN U.E.A. VALERIA"				
1.2	PAD DE LIXIVIACION (Cierre progresivo) Etapa I				
	ESTABILIDAD FISICA (7.08 Ha)				
1.2.1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.2.1.1	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	m <sup>2</sup>	70,833.24	0.37	25,987.7 3
1.2.2	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.2.2.1	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	m <sup>3</sup>	13,583.80	0.36	4,929.74
1.2.2.2	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	m <sup>3</sup>	2,113.03	0.32	678.36
1.2.2.3	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	m <sup>3</sup>	16,146.05	0.24	3,850.60
1.2.2.4	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	m <sup>2</sup>	43,535.32	0.60	25,956.3 8
1.2.2.5	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	m <sup>2</sup>	27,297.93	0.54	14,700.3 7

### 5.1.3 Programación del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

En el método tradicional de ejecución del proyecto se realizó un continuo seguimiento del cumplimiento del proyecto. Como recursos utilizamos los reportes diarios, reportes semanales y curvas S los cuales tienen como evidencia los planos y el cuadro de volumen.

Programación del proyecto en base a áreas

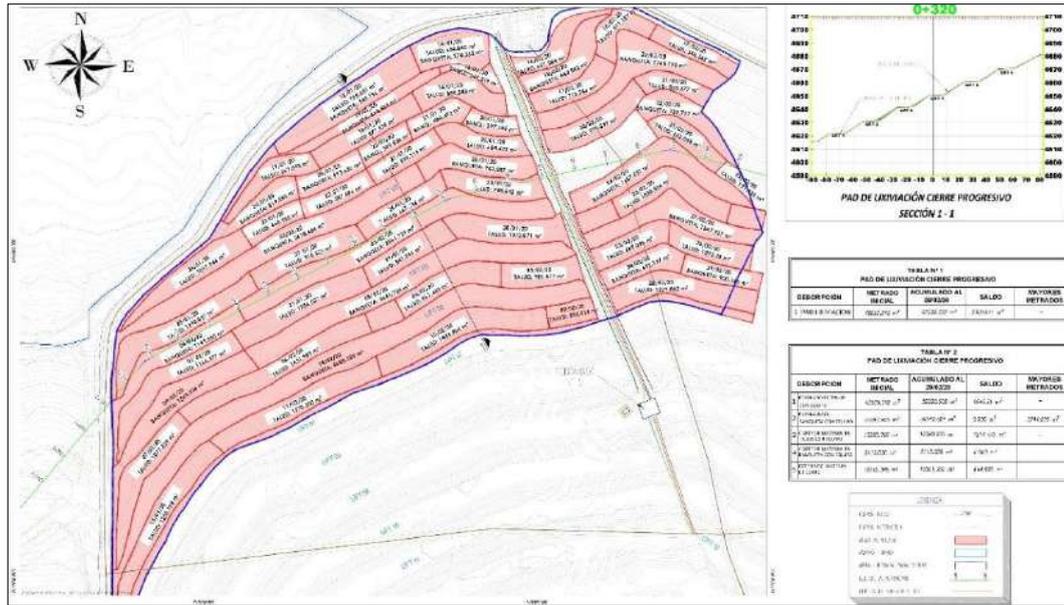


Figura 13 — Reporte diario pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I cierre progresivo

### 5.1.3.1 Cronograma del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

En el método tradicional de ejecución del proyecto, se procedió a fijar una fecha de inicio y una fecha de culminación de la ejecución del proyecto, herramienta que se utilizó para la calendarización fue el Project considerando los rendimientos para áreas y volúmenes definidos entre el contratista y el cliente

### Cronograma del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

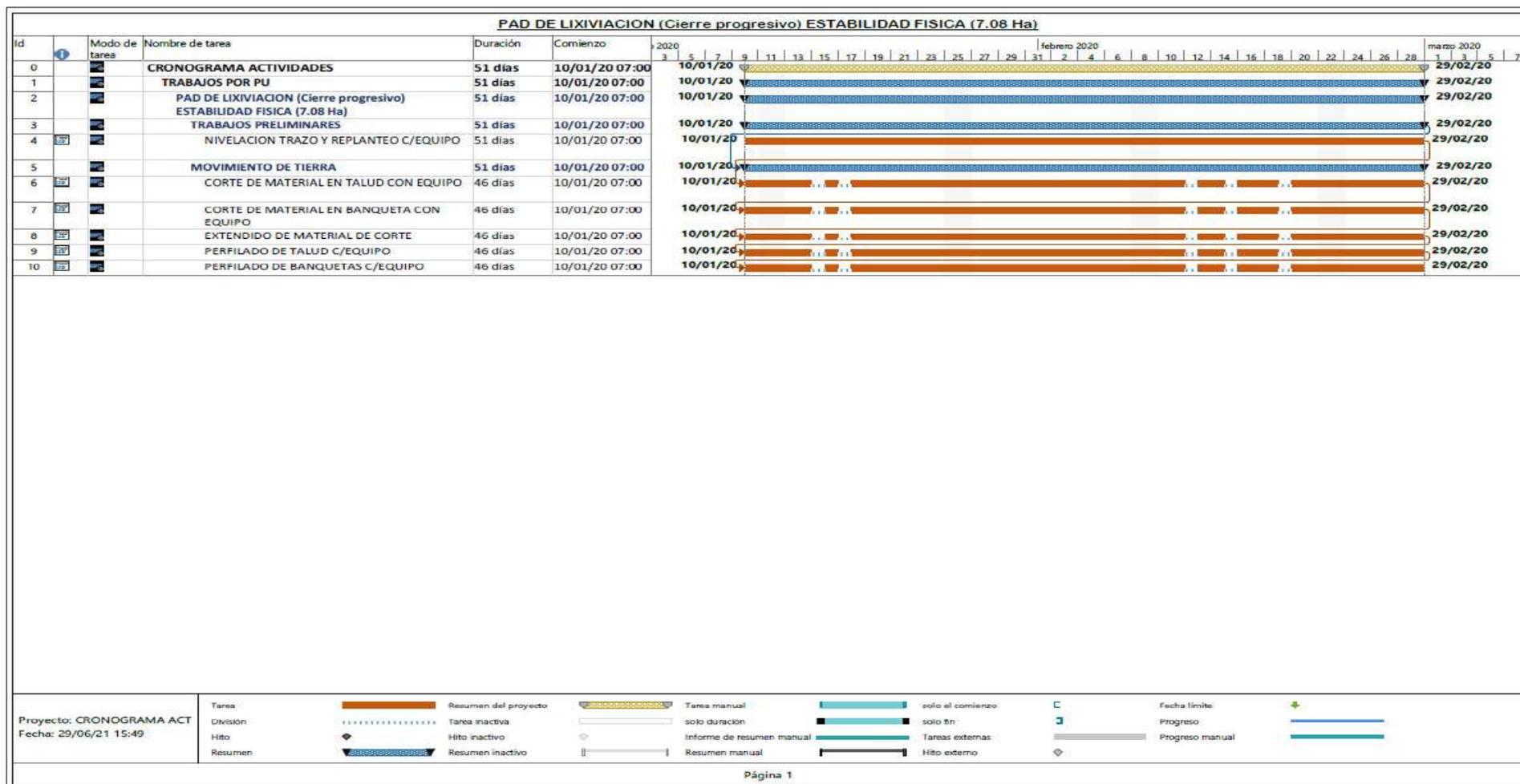


Figura 14 — Cronograma del proyecto del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

## 5.1.4 Control y seguimiento de proyecto por el método tradicional

### 5.1.4.1 Reporte diario

**Tabla 14 — Reporte diario semana 1**

V	S	SEMAN A 1	D	L	M	M	J	V	S	SEMAN A 2
10- Ene	11- Ene		12- Ene	13- Ene	14- Ene	15- Ene	16- Ene	17- Ene	18- Ene	
1504. 53	1504. 53	3009.05	1504.5 3	1300.8 5	959.1 0		889.3 4		1124.6 9	5778.51
441.9 3	441.9 3	883.86	441.93	27.07	267.7 0		47.91		92.94	877.55
		0.00	0.00	0.89	26.96				25.46	53.31
591.6 7	591.6 7	1183.34	591.67	81.05	86.89		8.26		55.37	823.24
1296. 86	1296. 86	2593.73	1296.8 6	755.65	684.8 4		889.3 4		877.37	4504.07
207.6 6	207.6 6	415.32	207.66	545.20	274.2 6				247.32	1274.44

**Tabla 15 — Reporte Diario- Semana 2**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 3
19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene	23-Ene	24-Ene	25-Ene	
1481.46	1081.61	1074.61	1097.54	1162.57	1837.19	788.64	8523.62
	45.04	428.14	339.17	82.28		260.22	1154.85
41.02		29.54	118.18	113.78	2.34		304.86
40.88	152.30	103.54	25.82	0.66	35.38	17.75	376.32
667.90	684.43	590.115	547.69	468.94	1017.95	788.64	4765.65
813.56	397.19	484.49	549.86	693.64	819.24		3757.97

**Tabla 16 — Reporte Diario- Semana 3**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 4
26-Ene	27-Ene	28-Ene	29-Ene	30-Ene	31-Ene	1-Feb	
1609.37	918.52	1290.06	841.54	1072.07	1286.03	1166.38	8183.97
260.00	256.48	268.34	419.68	230.86	547.92	750.62	2733.90
53.12							53.12
199.97	137.56	31.32	0.00	221.38	163.24	161.48	914.95
667.29	918.52	1290.06	841.54	1072.07	1286.03	1166.38	7241.88
942.09							942.09

**Tabla 17 — Reporte Diario- Semana 4**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 5
2-Feb	3-Feb	4-Feb	5-Feb	6-Feb	7-Feb	8-Feb	
2618.48	2561.73	2017.51	981.88	1431.99	1077.23	2641.74	13330.55
0.00	0.00	124.92	116.94	838.58	705.46		1785.90
71.02	38.58	64.96				175.63	350.19
522.89	546.73	431.32	66.54	512.80	815.42	1047.95	3943.64
0.00	0.00	867.66	981.88	1431.99	1077.23		4358.76
2618.48	2561.73	1149.85				2641.74	8971.80

**Tabla 18 — Reporte Diario- Semana 5**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 6
9-Feb	<b>10-Feb</b>	<b>11-Feb</b>	<b>12-Feb</b>	<b>13-Feb</b>	<b>14-Feb</b>	<b>15-Feb</b>	
1944.74	1485.96	1370.20		1258.75	5688.53		11748.19
211.60	700.80	610.61		669.86			2192.87
234.88					645.85		880.73
191.54	556.86	610.61		674.80	530.39		2564.20
395.42	1485.96	1370.20		1258.75			4510.33
1549.33					5688.53		7237.85

**Tabla 19 — Reporte Diario- Semana 6**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 7
16-Feb	<b>17-Feb</b>	<b>18-Feb</b>	<b>19-Feb</b>	<b>20-Feb</b>	<b>21-Feb</b>	<b>22-Feb</b>	
637.28	1256.63	1411.17		970.60	1157.48	2555.49	7988.65
227.80	43.74	298.10		448.74	489.52		1507.90
		11.36				179.04	190.40
267.58	292.84	1064.42		435.50	405.90	1082.40	3548.64
637.28	1256.63	571.13		970.60	1157.48		4593.12
		840.04				2555.49	3395.53

**Tabla 20 — Reporte Diario- Semana 7**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 8	TOTAL
23-Feb	<b>24-Feb</b>	<b>25-Feb</b>	<b>26-Feb</b>	<b>27-Feb</b>	<b>28-Feb</b>	<b>29-Feb</b>		
1230.44	1607.54	689.10	1272.58	1347.93	1922.06	900.16	8969.80	67532.33
611.88		84.72	103.60		431.99		1232.19	12369.03
	84.72			18.72	125.33	51.66	280.42	2113.03
541.20	514.26	47.12	56.48	148.70	135.63	703.64	2147.03	15501.36
1230.44		689.10	1272.58		1229.86		4421.98	36989.51
	1607.54			1347.93	692.20	900.16	4547.82	30542.82

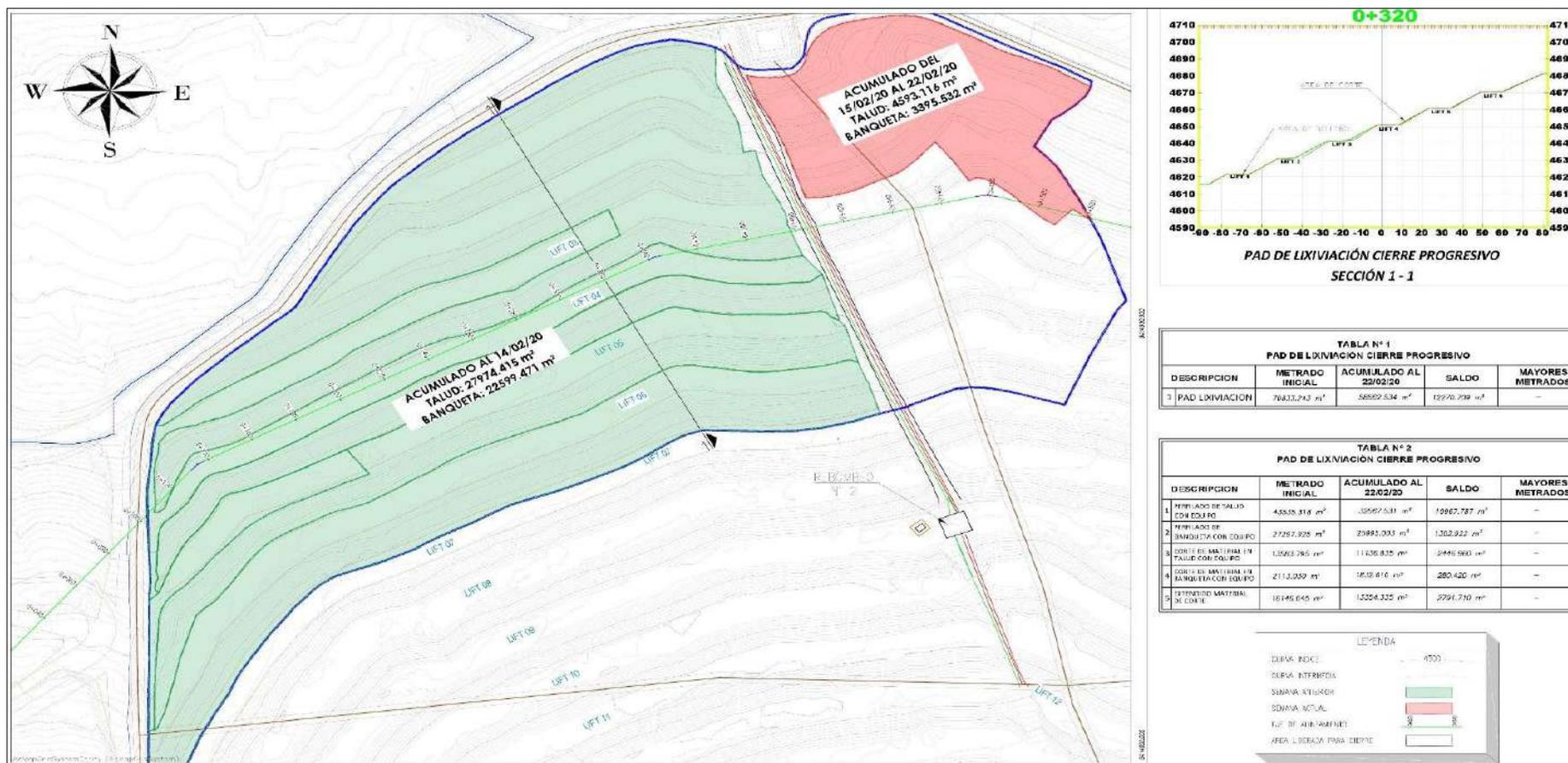
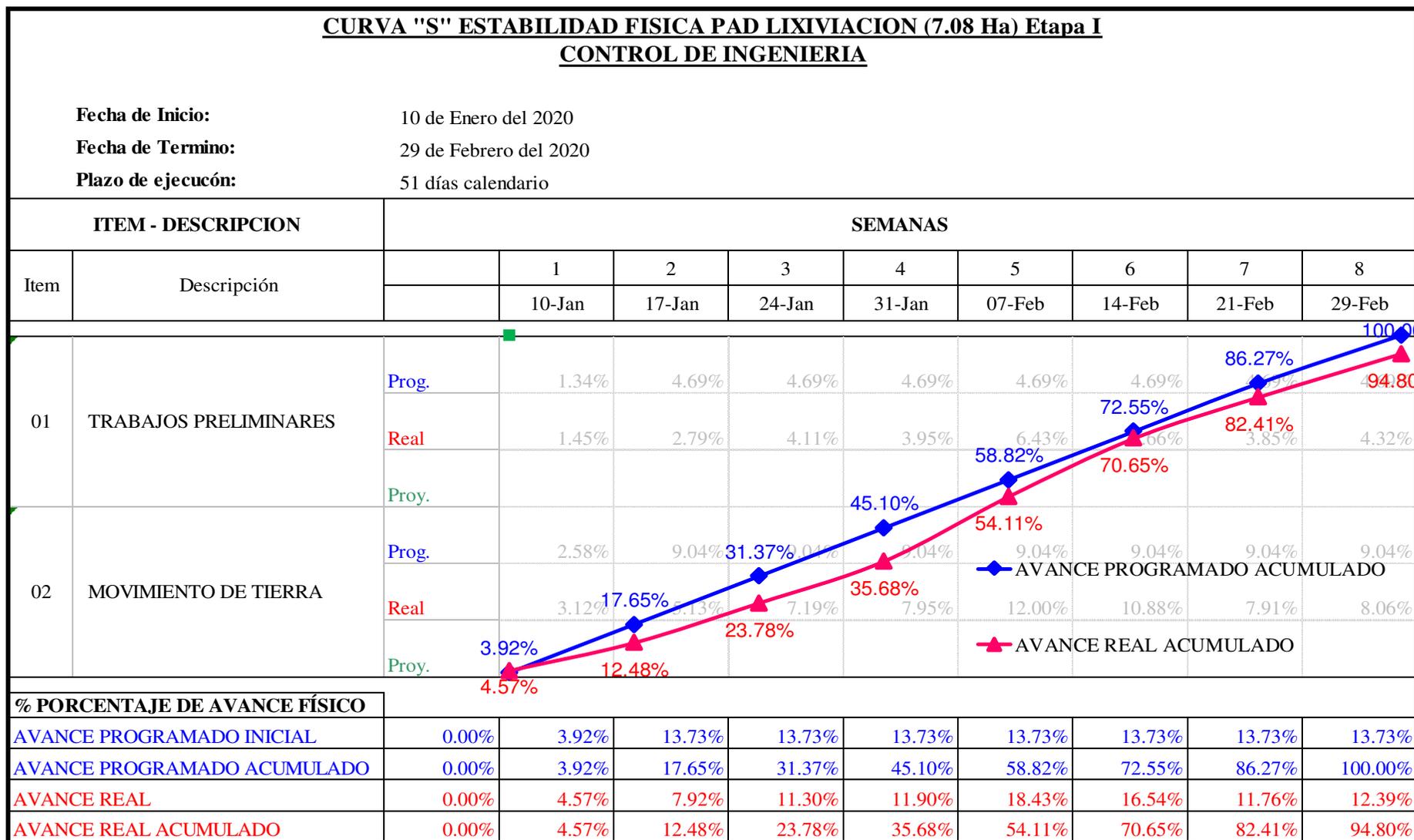


Figura 15 — Reporte Semanal pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

Tabla 21 — Curva “S” de la estabilidad física del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

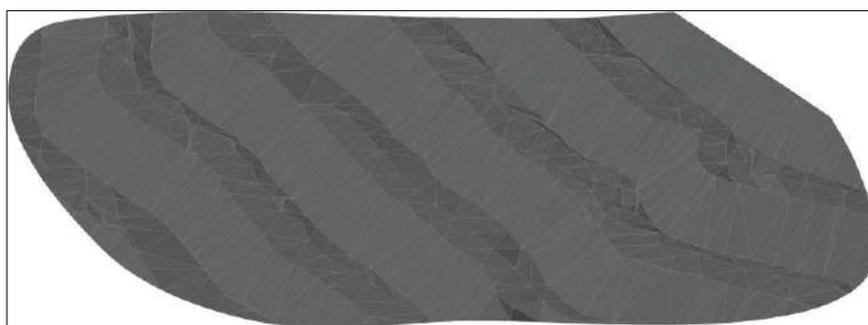


## 5.1.5 Valorización del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

### 5.1.5.1 Elaboración de metrados para valorización del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

#### 5.1.5.1.1 Levantamiento topográfico final del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

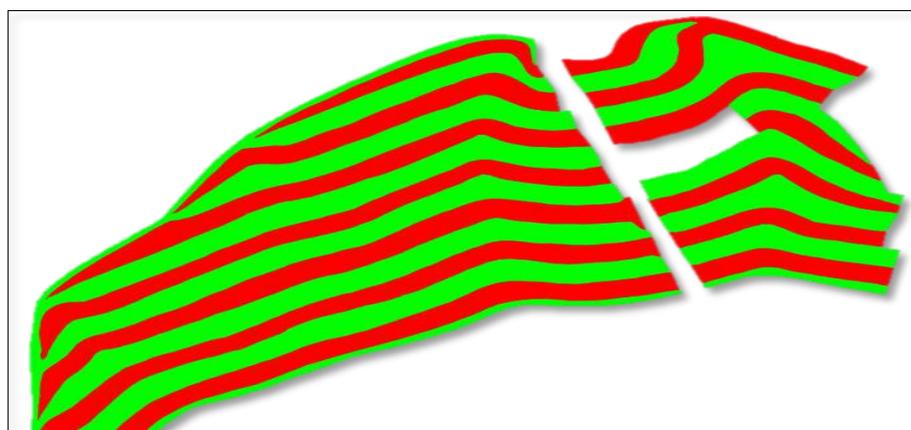
Para la elaboración de los metrados finales se realizó un levantamiento topográfico detallado en banquetas y taludes para determinar su área y volumen.



**Figura 16** — Levantamiento topográfico final del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

#### 5.1.5.1.2 Cálculo de área en banquetas y taludes del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

Una vez generada la superficie del levantamiento topográfico se realiza un polígono en banquetas y taludes utilizando la herramienta polilínea para posteriormente mostrar el área en las propiedades de la polilínea.



**Figura 17** — Cálculo de área en banquetas y taludes pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

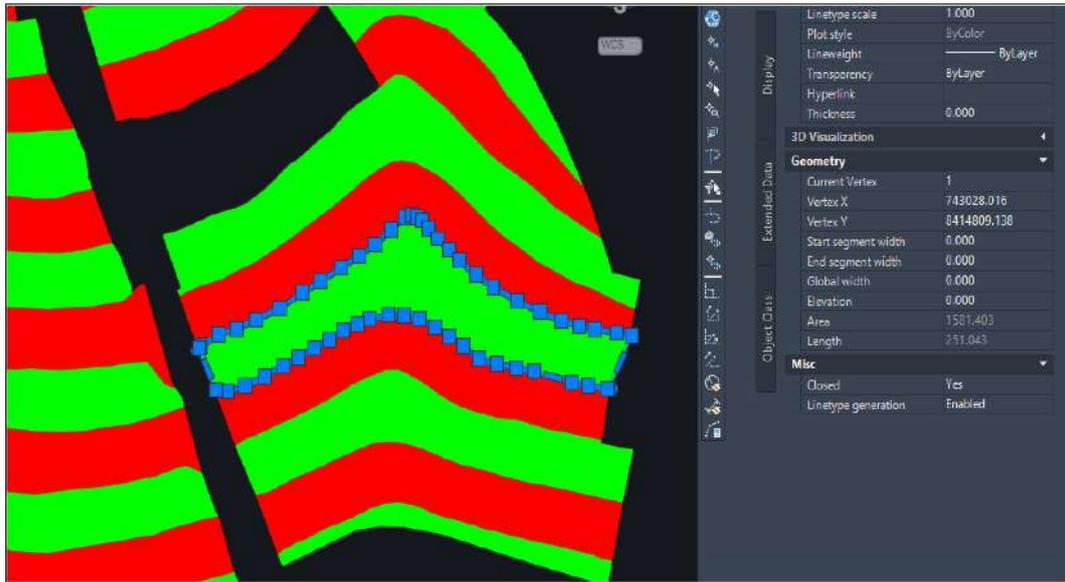


Figura 18 — Delimitación del área del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

### 5.1.5.1.3 Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

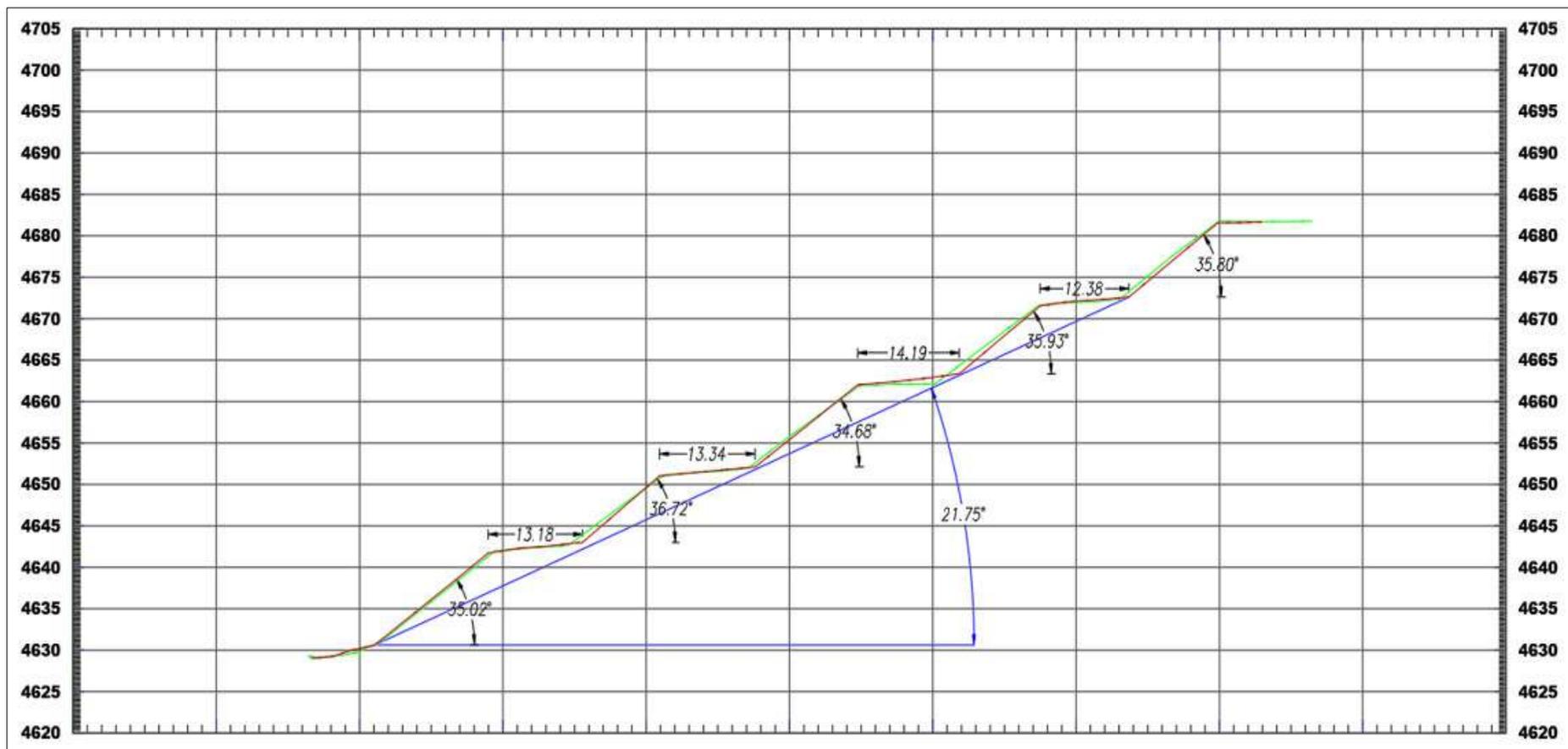


Figura 19 — Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes sección

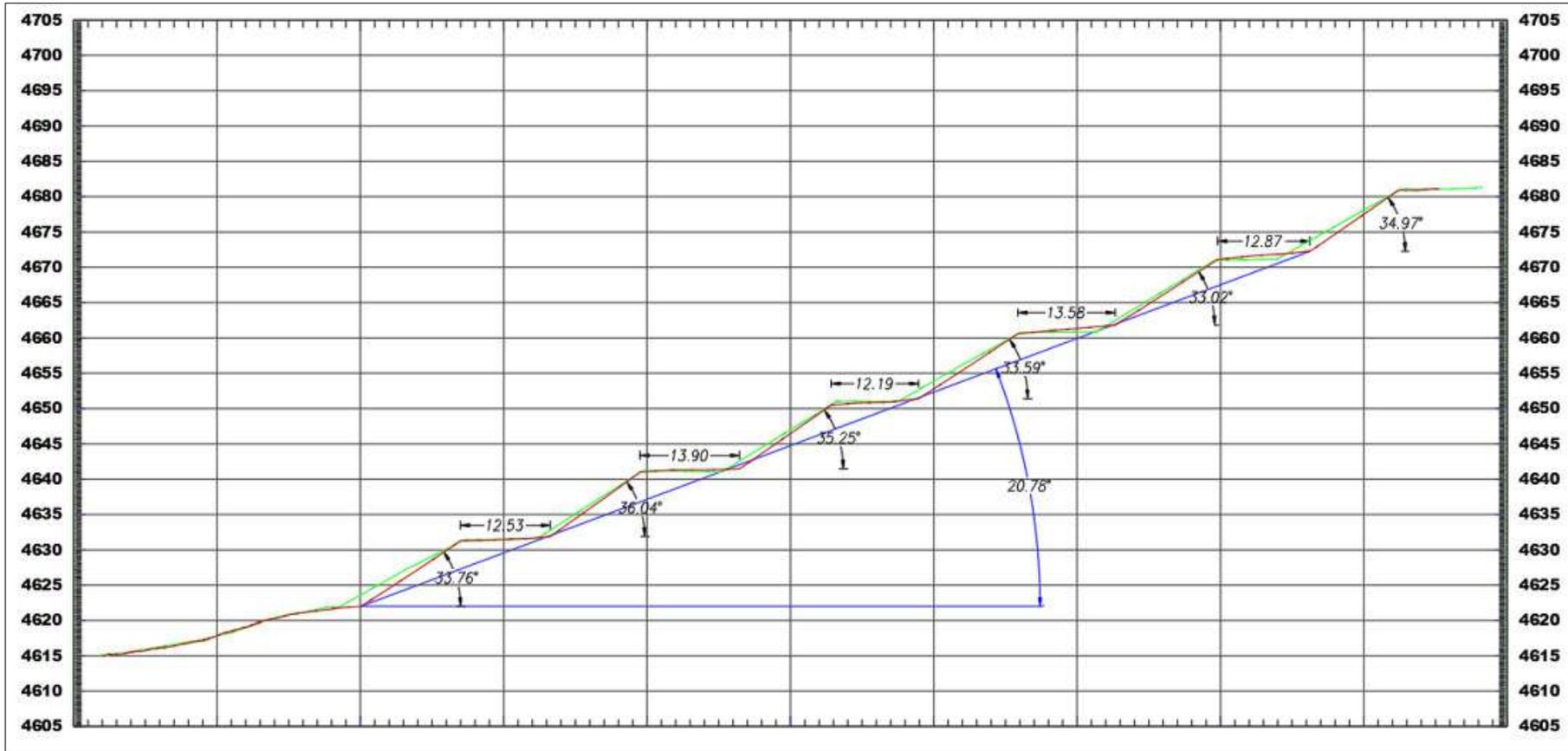


Figura 20 — Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes sección

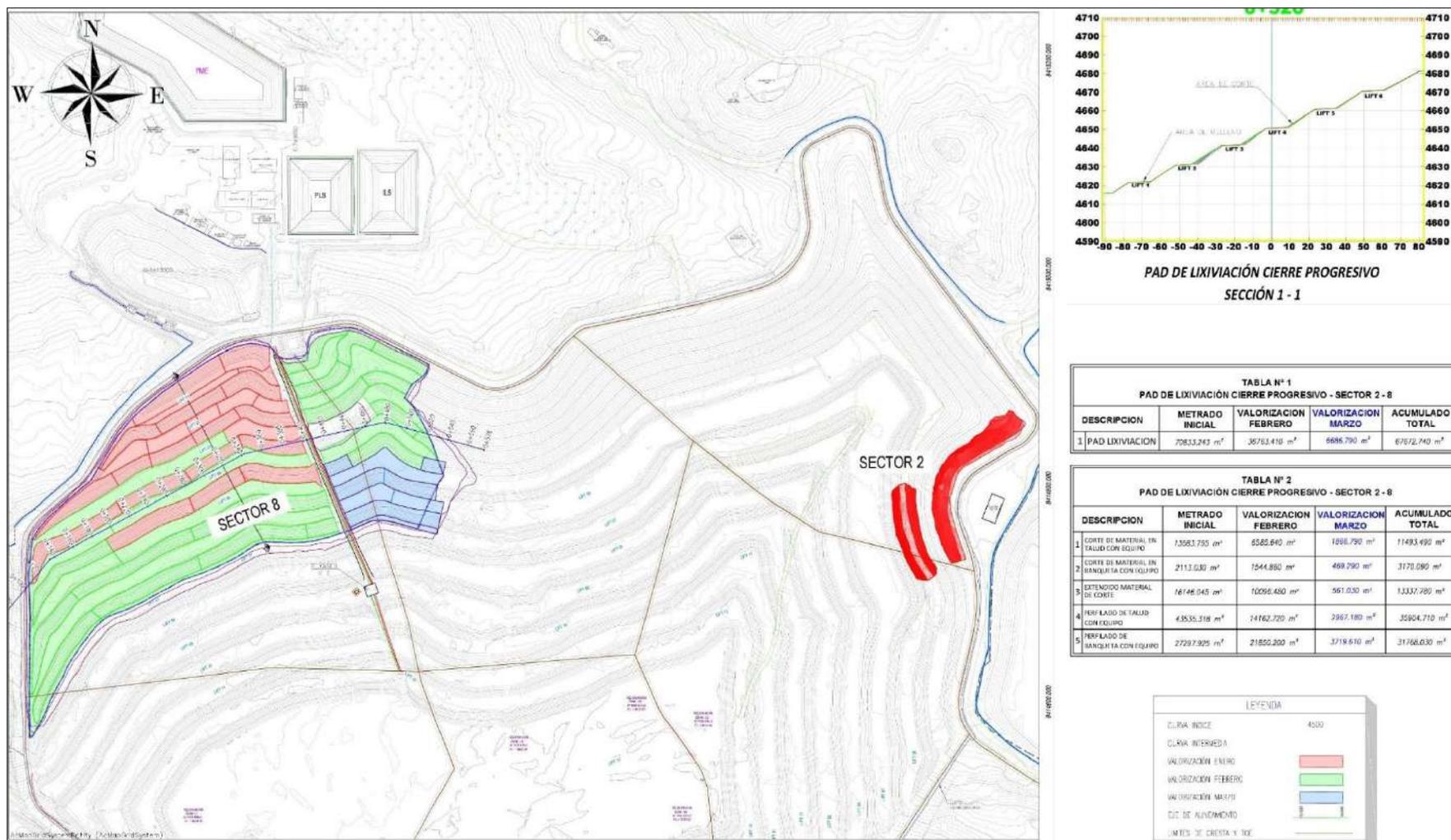


Figura 21 — Valorización final pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

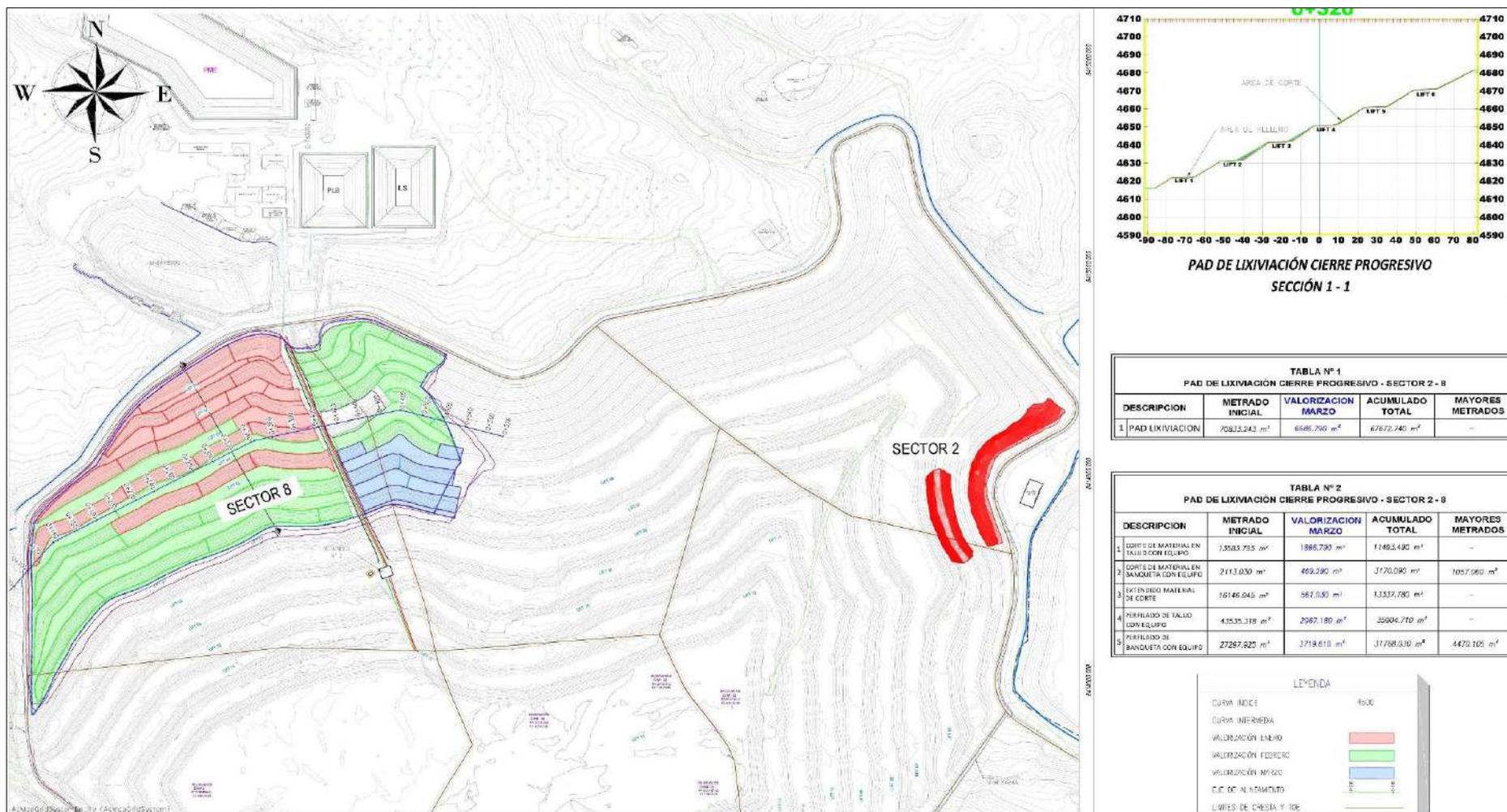


Figura 22 — Valorización por mayores metrados del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I

**Tabla 22 — Resumen de valorización del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I**

<b>RESUMEN VALORIZACION DE OBRA N° 03</b>																	
DEL 26 DE FEBRERO AL 25 DE MARZO DEL 2020																	
PROYECTO		: PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA UM ANAMA - CIERRE PROGRESIVO										ESCENARIO		: CIERRE PROGRESIVO			
PRESUPUEST		: ESTABILIDAD FISICA PAD LIXIVIACION ETAPA I 7.08 Ha										TIPO DE CONTRATO		: PRECIO UNITARIO			
REFERENCIA		: R.D. 284-2016-MEM-DGAAM										EJECUTOR		: AJANI S.A.C.			
CLIENTE		: ANABI SAC										SUPERVISOR		: ANABI SAC			
UNIDAD MINI		: ANAMA															
UBICACIÓN		: HUAQUIRCA - ANTABAMBA - APURIMAC															
PRESUPUEST		: \$ 122793.54															
ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRATADO				ACUMULADO ANTERIOR			AVANCE ACTUAL			ACUMULADO ACTUAL			SALDO CONTRACTUAL		
		UND	METRADO	P.U. (US \$.)	TOTAL (US \$.)	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%
01	PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA UM ANAMA - CIERRE PROGRESIVO																
1.02	ESTABILIDAD FISICA PAD LIXIVIACION ETAPA I 7.08 Ha																
01.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES																
01.02.01.01	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	m2	70,833.24	0.37	25,987.73	60,985.95	22,374.89	86.10%	6686.79	2,453.29	9.44%	67672.74	24,828.18	95.54%	3,160.50	1,159.55	4.46%
01.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRA																
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	m3	13,583.80	0.36	4,929.74	9,626.69	3,493.65	70.87%	1866.79	677.48	13.74%	11493.48	4,171.13	84.61%	2,090.32	758.61	15.39%
01.02.02.02	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	m3	2,113.03	0.32	678.36	2,113.03	678.36	100.00%		-	0.00%	2113.03	678.36	100.00%		-0.00	0.00%
01.02.02.03	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	m3	16,146.05	0.24	3,850.60	12,776.64	3,047.05	79.13%	561.03	133.80	3.47%	13337.67	3,180.84	82.61%	2,808.38	669.76	17.39%
01.02.02.04	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	m2	43,535.32	0.60	25,956.38	32,937.53	19,637.83	75.66%	2967.18	1,769.08	6.82%	35904.71	21,406.90	82.47%	7,630.61	4,549.48	17.53%
01.02.02.05	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	m2	27,297.93	0.54	14,700.37	27,297.93	14,700.37	100.00%		-	0.00%	27297.93	14,700.37	100.00%		-0.00	0.00%
	COSTO DIRECTO				76,103.18		63,932.15			5,033.64			68,965.80			7,137.38	
	GASTO GENERALES				39,080.04		26,465.99			6,927.73			33,393.73			5,686.32	
	UTILIDADES 10.00%				7,610.32		6,393.22			503.36			6,896.58			713.74	
	SUB TOTAL				122,793.54		96,791.36			12,464.74			109,256.11			13,537.44	

**Tabla 23 — Resumen valorización adicional por mayores metrados del pad de lixiviación 7.08 Ha etapa I**

<b>RESUMEN VALORIZACION ADICIONAL POR MAYORES METRADOS DE OBRA N° 01</b>																	
DEL 26 DE FEBRERO AL 25 DE MARZO DEL 2020																	
PROYECTO		: PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA UM ANAMA - CIERRE PROGRESIVO															
PRESUPUEST		: ESTABILIDAD FISICA PAD LIXIVIACION ETAPA I 7.08 Ha MAYORES METRADOS															
REFERENCIA		: R.D. 284-2016-MEM-DGAAM															
CLIENTE		: ANABI SAC															
UNIDAD MIN		: ANAMA															
UBICACIÓN		: HUAQUIRCA - ANTABAMBA - APURIMAC															
PRESUPUEST		: \$ 2369.1															
		ESCENARIO : CIERRE PROGRESIVO															
		TIPO DE CONTRATO : PRECIO UNITARIO															
		EJECUTOR : AJANI S.A.C.															
		SUPERVISOR : ANABI SAC															
ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRATADO				ACUMULADO ANTERIOR			AVANCE ACTUAL			ACUMULADO ACTUAL			SALDO CONTRACTUAL		
		UND	METRADO	P.U. (US \$.)	TOTAL (US \$.)	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%
01	PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA UM ANAMA - CIERRE PROGRESIVO																
1.02	ESTABILIDAD FISICA PAD LIXIVIACION ETAPA I 7.08 Ha MAYORES METRADOS																
01.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES																
01.02.01.01	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	m2	-	0.37	0.00	-	-	0.00%	-	-	0.00%	0.00	0.00%	-	-	0.00%	
01.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRA																
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	m3	-	0.36	0.00	-	-	0.00%	-	-	0.00%	0.00	0.00%	-	-	0.00%	
01.02.02.02	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	m3	469.29	0.32	150.66	-	-	0.00%	469.29	150.66	100.00%	469.29	150.66	100.00%	-0.00	0.00%	
01.02.02.03	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	m3	-	0.24	0.00	-	-	0.00%	-	-	0.00%	0.00	0.00%	-	-	0.00%	
01.02.02.04	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	m2	-	0.60	0.00	-	-	0.00%	-	-	0.00%	0.00	0.00%	-	-	0.00%	
01.02.02.05	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	m2	3,719.61	0.54	2,003.07	-	-	0.00%	3,719.61	2,003.07	100.00%	3,719.61	2,003.07	100.00%	0.00	0.00%	
	COSTO DIRECTO				2,153.73		-			2,153.73		2,153.73		(0.00)			
	GASTO GENERALES						-					-		-			
	UTILIDADES 10.00%				215.37		-			215.37		215.37		-			
	SUB TOTAL				2,369.10		-			2,369.10		2,369.10		(0.00)			

Proyecto aplicando Software Civil 3D “Cierre Progresivo Estabilidad Física Pad Lixiviación 5.04 Ha etapa II”

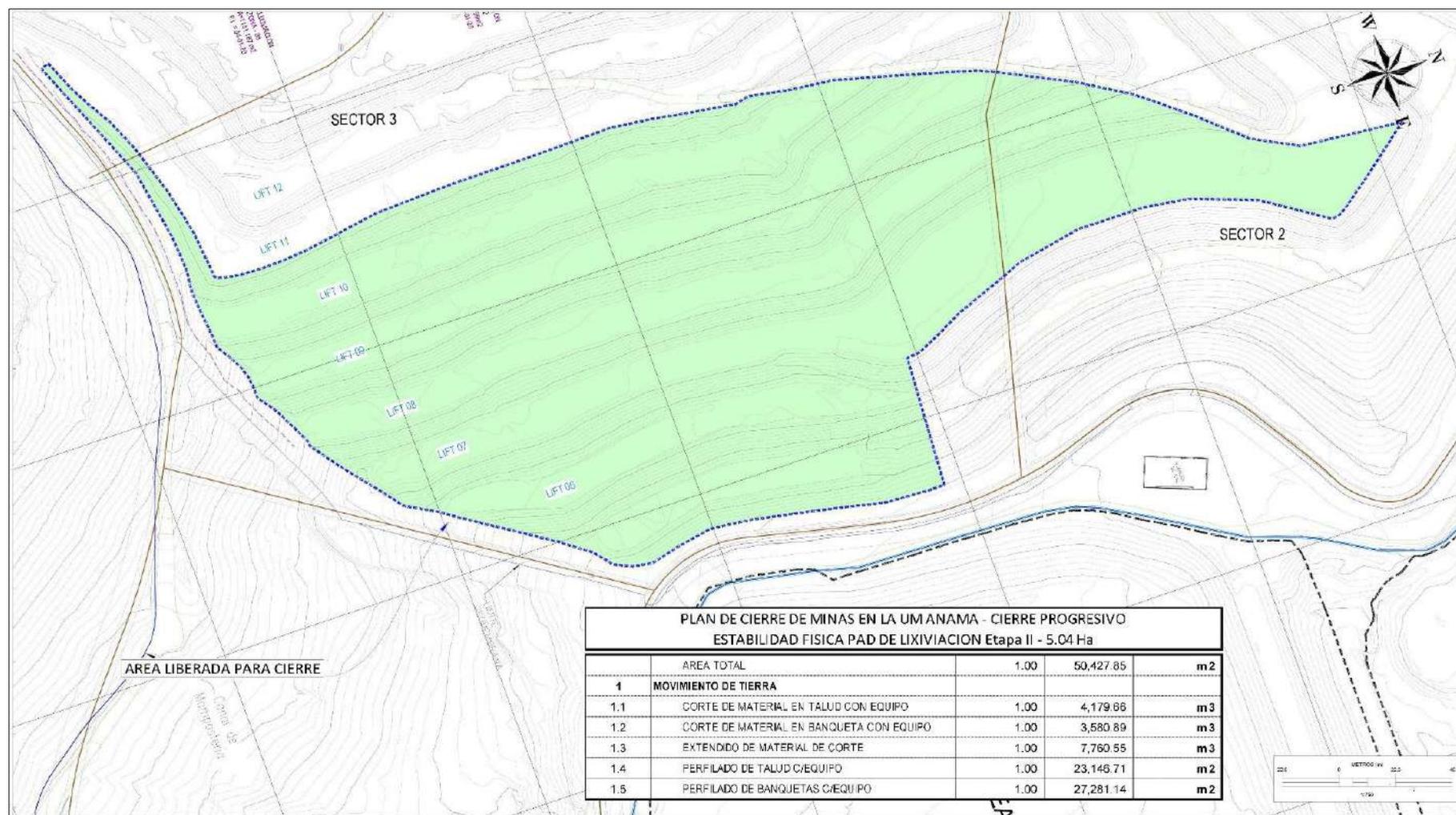


Figura 23 — Proyecto aplicando Software Civil 3D “Cierre Progresivo Estabilidad Física Pad Lixiviación etapa II”

### 5.1.6 Presupuesto del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

La estimación del presupuesto utilizando como recurso el software civil 3D. Se realizó a partir de la información topográfica detallada, el diseño de la estabilidad física, metrados obtenidos en el diseño y el análisis de precios unitarios.

#### 5.1.6.1 Tipo de contrato

AJANI SAC es una empresa tercera dentro del proyecto ANAMA liderada por la empresa ANABI SAC. Las condiciones de los contratos y condiciones comerciales están reguladas por el cliente (ANABI SAC).

**Tabla 24 — Tipo de contrato del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II**

CONDICIONES COMERCIALES:	
1.-	La modalidad de contratación es a PRECIOS UNITARIOS
2.-	El Costo Directo del Presupuesto adjunto obedece al alcance proporcionado por el Cliente.
3.-	El alcance se ha estimado con una duración de 2 MESES bajo régimen de trabajo de 14x7
4.-	Se ha considerado un régimen de trabajo de 10 horas / día
5.-	El Cliente proporcionara los Planos y Especificaciones técnicas necesarias para ejecución de las Obras
6.-	El Cliente proporcionara el suministro de energía eléctrica y el acceso a los terrenos donde se ejecutarán las obras.
7.-	El Cliente proporcionara los permisos, licencias y autorizaciones que fueran necesarios.
8.-	El Cliente proporcionara el servicio de vigilancia y telecomunicaciones en la zona de ejecución de la obra.
9.-	El Cliente proporcionara el combustible para los equipos livianos y pesados, puesto en la zona de operaciones.
10.-	El Cliente proporcionara el alojamiento y alimentación para el personal asignado a la ejecución de las obras.
11.-	El Cliente proporcionara el transporte del personal para las salidas por concepto de días libres, hasta Abancay.
12.-	El Cliente asumirá la limpieza de baños químicos para cada frente de trabajo.
13.-	El Cliente proporcionara el servicio de atenciones médicas.
14.-	La valorización se realizará de manera mensual, de acuerdo a los recursos utilizados.
15.-	El presente presupuesto ha sido elaborado en base a la información remitida por el Cliente. La existencia de alguna modificación, incluso procedimientos y estándares propios del cliente y/o del proyecto no dados a conocer en la etapa de elaboración del presupuesto, será causal de reconsideración de los precios establecidos inicialmente.

### 5.1.6.2 Elaboración de metrados del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

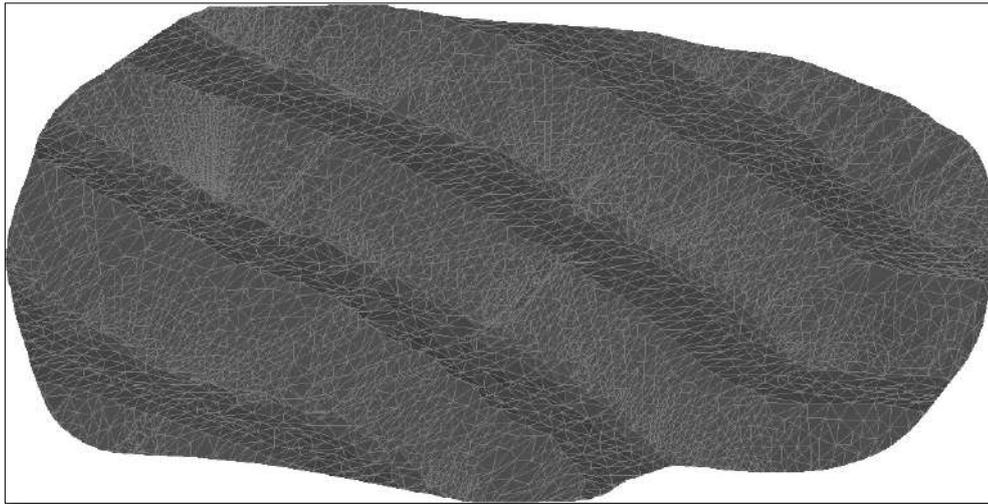


Figura 24 — Levantamiento topográfico detallado del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

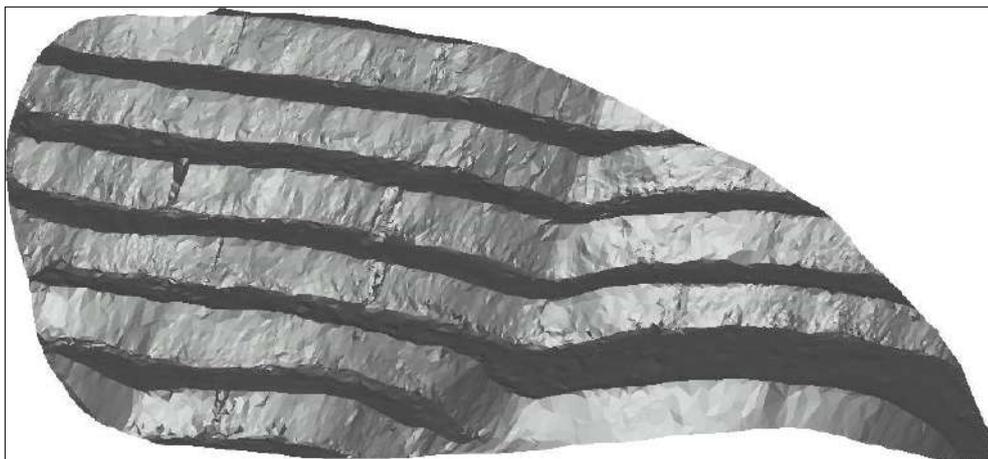


Figura 25 — Levantamiento topográfico detallado del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

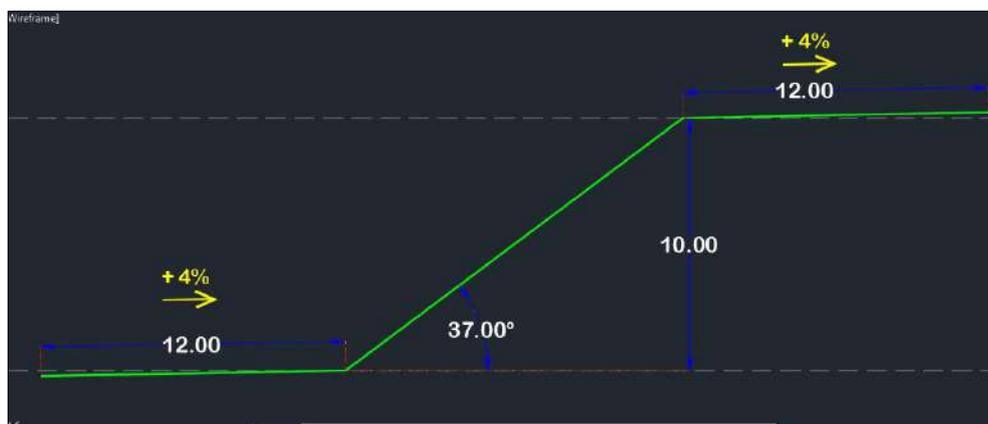


Figura 26 — Interpretación de parámetros del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

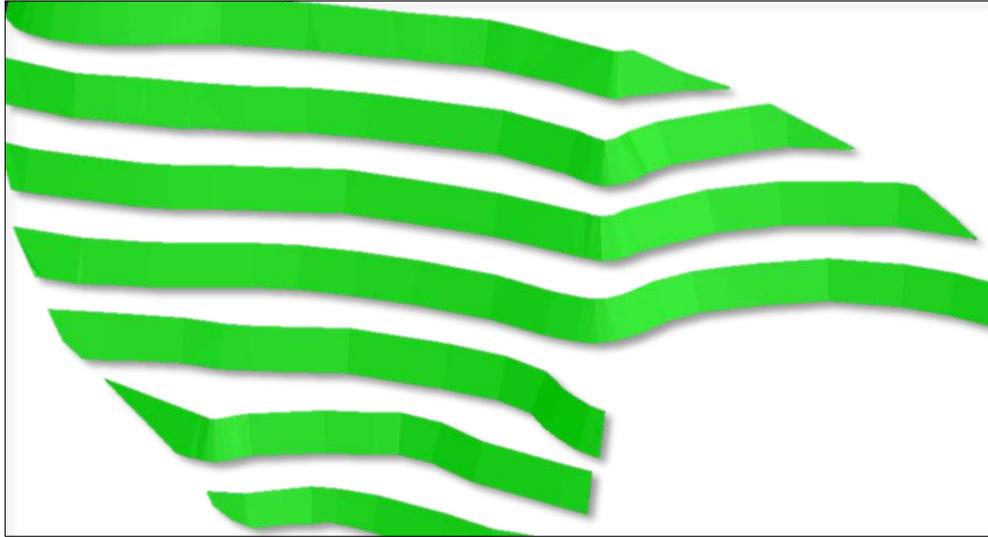


Figura 27 — Elaboración de diseño de taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

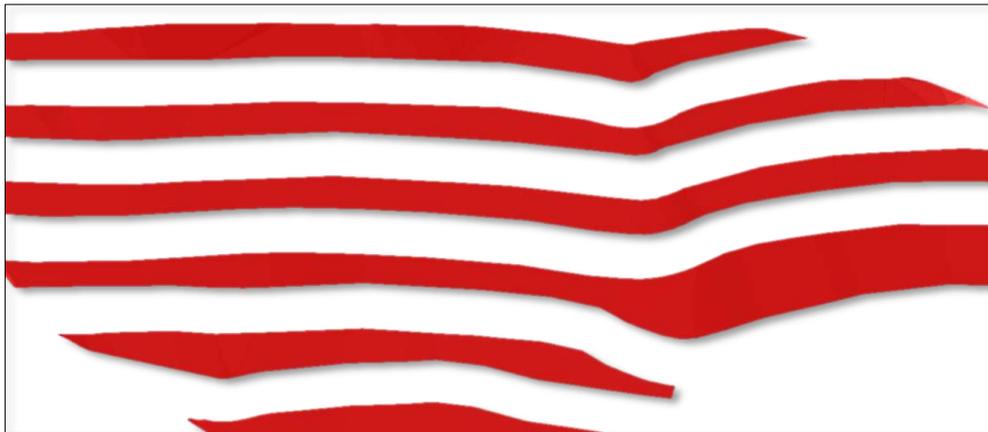


Figura 28 — Elaboración de diseño de banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

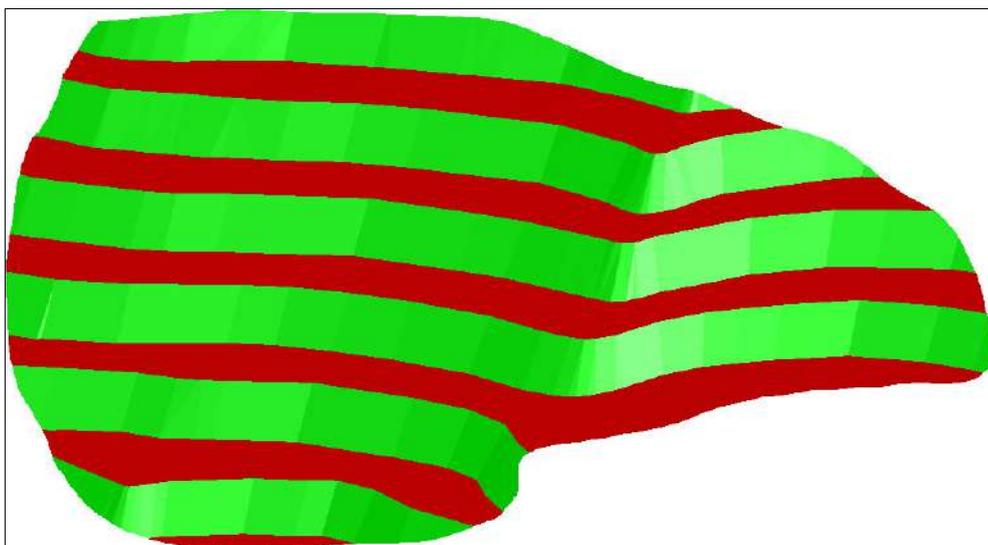


Figura 29 — Integración del modelamiento del pad de lixiviación etapa II 5.04 ha

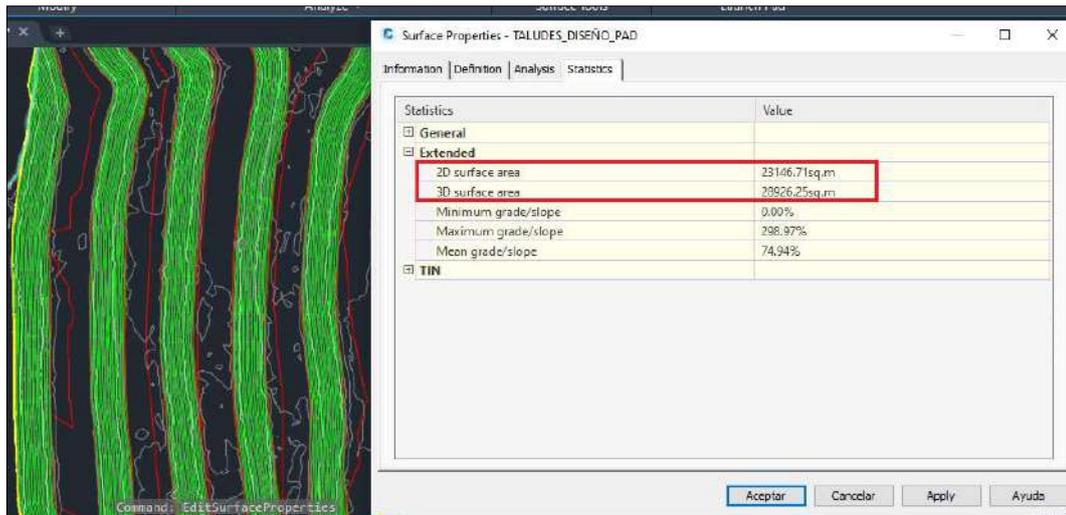


Figura 30 — Cálculo de área en banquetas y taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

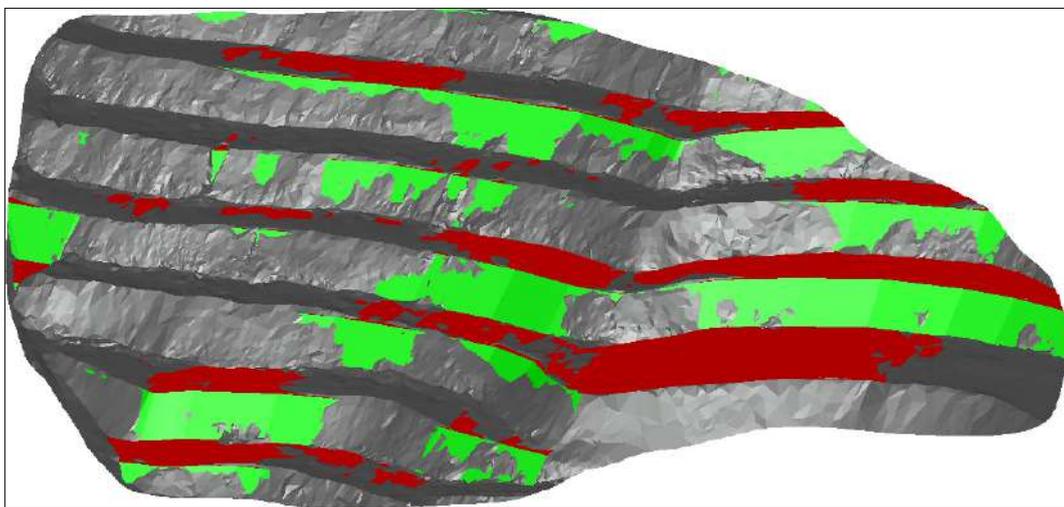


Figura 31 — Interpretación grafica del cálculo de volumen del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

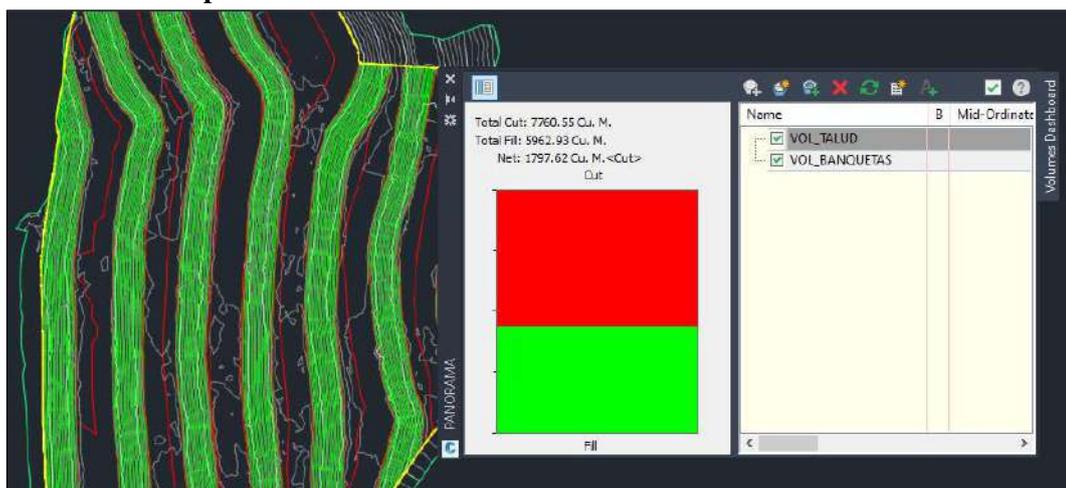


Figura 32 — Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

## 5.1.6.3 Análisis de Precios Unitarios del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

Tabla 25 — Partidas de estabilidad física del pad de lixiviación 5.04 etapa II

Análisis de precios unitarios									
Perfilado PAD ETAPA II									
NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO									
Partida	m <sup>2</sup> /DIA	MO.	1,000.0000	EQ.	1,000.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>		0.12	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>								
	OFICIAL				hh	1.0000	0.0100	6.31	0.06
	PEON				hh	1.0000	0.0100	5.75	0.06
									<b>0.12</b>
	<b>Equipos</b>								
	HERRAMIENTAS MANUALES				%mo		0.0300	0.12	0.00
Partida	<b>CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO</b>								
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO.	2,300.0000	EQ.	2,300.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		0.36	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>								
	OFICIAL				hh	1.0000	0.0043	6.31	0.03
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO				hh	1.0000	0.0043	9.16	0.04
									<b>0.07</b>
	<b>Equipos</b>								
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP				hm	1.0000	0.0043	68.00	0.30
									<b>0.30</b>
Partida	<b>CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO</b>								
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO.	2,600.0000	EQ.	2,600.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		0.32	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>								
	OFICIAL				hh	1.0000	0.0038	6.31	0.02
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO				hh	1.0000	0.0038	9.16	0.04
									<b>0.06</b>
	<b>Equipos</b>								
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP				hm	1.0000	0.0038	68.00	0.26
									<b>0.26</b>
Partida	<b>EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE</b>								
Rendimiento	m <sup>3</sup> /DIA	MO.	3,500.0000	EQ.	3,500.0000	Costo unitario directo por : m <sup>3</sup>		0.24	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>								
	OFICIAL				hh	1.0000	0.0029	6.31	0.02
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO				hh	1.0000	0.0029	9.16	0.03
									<b>0.04</b>
	<b>Equipos</b>								
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP				hm	1.0000	0.0029	68.00	0.19
									<b>0.19</b>
Partida	<b>PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO</b>								
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO.	1,400.0000	EQ.	1,400.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>		0.60	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>								
	OFICIAL				hh	1.0000	0.0071	6.31	0.05
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO				hh	1.0000	0.0071	9.16	0.07
									<b>0.11</b>
	<b>Equipos</b>								
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP				hm	1.0000	0.0071	68.00	0.49
									<b>0.49</b>
Partida	<b>PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO</b>								
Rendimiento	m <sup>2</sup> /DIA	MO.	1,550.0000	EQ.	1,550.0000	Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>		0.54	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>								
	OFICIAL				hh	1.0000	0.0065	6.31	0.04
	OPERADOR DE EQUIPO PESADO				hh	1.0000	0.0065	9.16	0.06
									<b>0.10</b>
	<b>Equipos</b>								
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP				hm	1.0000	0.0065	68.00	0.44
									<b>0.44</b>

En cuanto al análisis de precios unitarios del perfilado pad etapa I que consta de 5.04 ha se determinó las partidas de nivelación de trazo y replanteo con equipo el costo unitario por m<sup>2</sup> esta valorizado en 0.12 dólares , la partida de corte de materia con equipo por m<sup>3</sup> esta valorizado en 0.36 dólares, corte de material en banqueta con equipo el costo unitario por m<sup>3</sup> esta valorizado en 0.32 dólares, extendido de material de corte el costo unitario por m<sup>3</sup> esta valorizado en 0.24 dólares, en cuanto a la partida de perfilado de talud con equipo el costo unitario por m<sup>2</sup> esta valorizado 0.60 dólares y por último la partida de perfilado de banqueta con equipo el costo unitario por m<sup>2</sup> esta valorizado en 0.54 dólares

**Tabla 26 — Análisis de precios unitarios perfilado del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II**

Análisis de precios unitarios perfilado pad etapa II		
Partida	Unidad	Costo unitario directo
Nivelación de trazo y replanteo con equipo	m <sup>2</sup>	0.12
Corte de material en talud con equipo	m <sup>3</sup>	0.36
Corte de material con banqueta	m <sup>3</sup>	0.32
Extendido de material con corte	m <sup>3</sup>	0.24
Perfilado de talud con equipo	m <sup>2</sup>	0.60
Perfilado de banquetas con equipos	m <sup>2</sup>	0.54

**Tabla 27 — Precios y cantidad de Recursos del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II**

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo					
Perfilado PAD ETAPA II					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	<b>Mano de Obra</b>				
	Oficial	hh	1,006.1668	6.31	6,348.91
	Peón	hh	504.2785	5.75	2,899.60
	Operador de equipo pesado	hh	501.8883	9.16	4,597.30
					<b>13,845.81</b>
	<b>Equipos</b>				
	EXCAVADORA S/ORUGAS CAT 336 DE 225HP	hm	501.8883	68.00	34,128.41
					<b>34,128.41</b>

Tabla 28 — Costo de Metrados del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

PLANILLA DE METRADOS								
OBRA:	PLAN DE CIERRE - U.E.A VALERIA - ANAMA							
PROYECTO:	ANABI SAC							
UBICACIÓN:	HUAQUIRCA - ANTABAMBA - APURIMAC							
ITEM	DESCRIPCIÓN	N° VECES	MEDIDAS			PARCIAL	TOTAL	UND.
			LARGO	ANCH O	ALTURA			
01	"CIERRE PROGRESIVO DEL PAD LIXIVIACION: ESTABILIDAD FISICA EN U.E.A. VALERIA "							
01.02	PAD DE LIXIVIACION (Cierre progresivo) Etapa II							
	ESTABILIDAD FISICA (5.04 Ha)							
01.02.01	TRABAJOS PRELIMINARES					-	-	
01.02.01.01	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	1.00	50,427.85			50,427.85	50,427.85	m <sup>2</sup>
01.02.02	MOVIMIENTO DE TIERRA					-	-	
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	1.00	12,764.13			12,764.13	12,764.13	m <sup>3</sup>
01.02.02.02	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	1.00	10,231.11			10,231.11	10,231.11	m <sup>3</sup>
01.02.02.03	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	1.00	22,995.24			22,995.24	22,995.24	m <sup>3</sup>
01.02.02.04	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	1.00	23,146.71			23,146.71	23,146.71	m <sup>2</sup>
01.02.02.05	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	1.00	27,281.14			27,281.14	27,281.14	m <sup>2</sup>

Tabla 29 — Costo del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO (A)	Precio Unitario ('E)	SUB TOTAL (US\$) (A)*('E)
1.0	"CIERRE PROGRESIVO DEL PAD LIXIVIACION: ESTABILIDAD FISICA EN U.E.A. VALERIA "				
1.2	PAD DE LIXIVIACION (Cierre progresivo) Etapa II				
	ESTABILIDAD FISICA (5.04 Ha)				
1.2.1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.2.1.1	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	m <sup>2</sup>	50,427.85	0.12	6,264.05
1.2.2	MOVIMIENTO DE TIERRA				
1.2.2.1	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	m <sup>3</sup>	12,764.13	0.36	4,632.27
1.2.2.2	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	m <sup>3</sup>	10,231.11	0.32	3,284.58

1.2.2.3	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	m <sup>3</sup>	22,995.24	0.24	5,484.04
1.2.2.4	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	m <sup>2</sup>	23,146.71	0.60	13,800.40
1.2.2.5	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	m <sup>2</sup>	27,281.14	0.54	14,691.33
			<b>Costo Directo</b>		<b>48,156.67</b>
			Gastos generales		
			Utilidad 10%		4,815.67
			<b>Total, presupuesto</b>		<b>52,972.34</b>

#### 5.1.6.4 Programación del proyecto del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

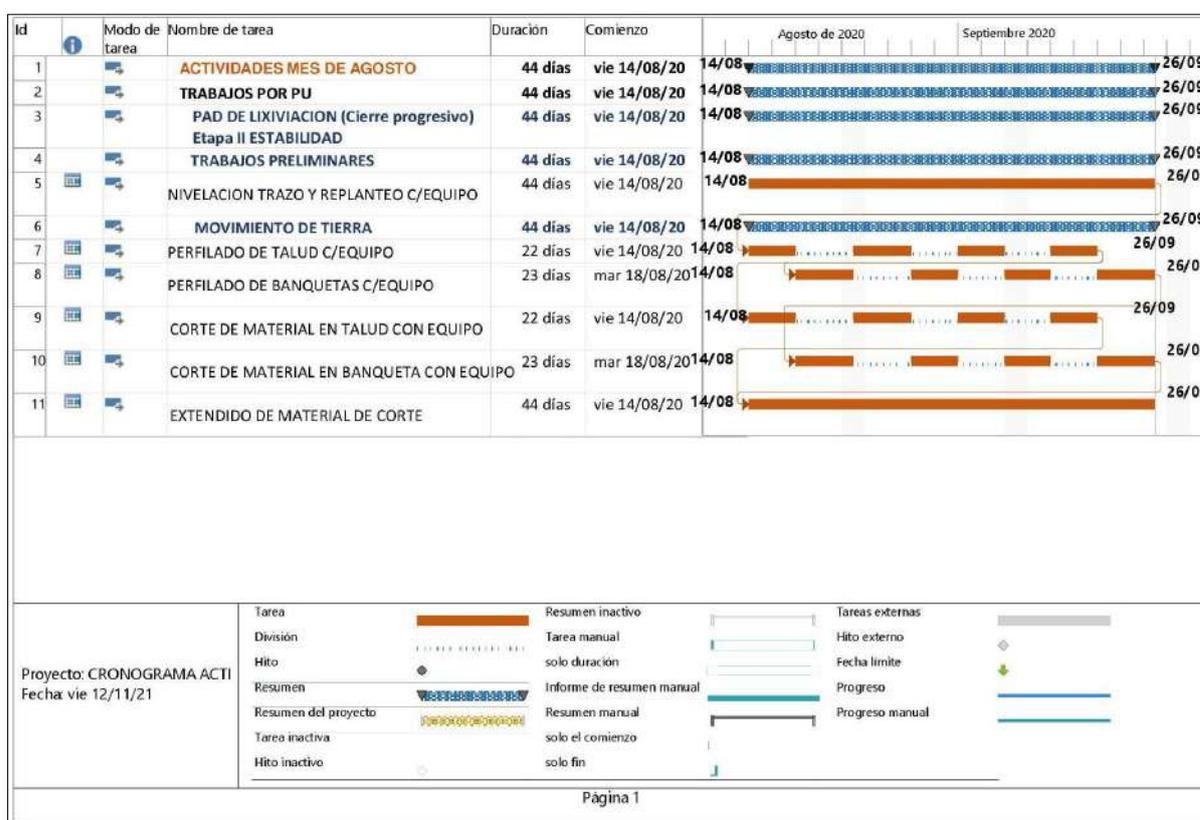


Figura 33 — Cronograma de Actividades del pad de lixiviación 5.04 ha etapa II

### 5.1.6.5 Control y seguimiento de proyecto aplicando el civil 3D del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

**Tabla 30 — Reporte diario del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II**

DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U.	PTO. CONTRAC
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
Nivelación trazo y replanteo c/equipo	m <sup>2</sup>	50427.85	0.12	6264.05
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
Corte de material en talud con equipo	m <sup>3</sup>	12764.13	0.36	4632.27
Corte de material en banquetta con equipo	m <sup>3</sup>	10231.11	0.32	3284.58
Extendido de material de corte	m <sup>3</sup>	22995.24	0.24	5484.04
Perfilado de talud c/equipo	m <sup>2</sup>	23146.71	0.60	13800.40
Perfilado de banquetas c/equipo	m <sup>2</sup>	27281.14	0.54	14691.33
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>48156.67</b>

**Tabla 31 — Control de proyecto semana 1**

V	S	SEMANA 1	D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 2
14-Ago	15-Ago		16-Ago	17-Ago	18-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	22-Ago	
1169.95	867.61	2037.56	1473.57	2707.94	1582.52	-	890.74	2937.94	1073.89	10666.59
503.82	503.82	1007.63	503.82	503.82	503.82	-	503.82	503.82	503.82	3022.90
728.63	728.63	1457.26		728.63	728.63	-		728.63		2185.89
1232.45	1232.45	2464.89	503.82	1232.45	1232.45	-	503.82	1232.45	503.82	5208.79
1054.86	818.48	1873.35	1473.57	592.27	1378.92	-	890.74	591.662	1073.89	6001.05
115.08	49.13	164.21		2115.67	203.60	-		2346.27		4665.54

**Tabla 32 — Control de proyecto semana 2**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 3
23-Ago	24-Ago	25-Ago	26-Ago	27-Ago	28-Ago	29-Ago	
1072.96	3184.28	829.73	949.02	-	-	636.64	6672.63
503.82	503.82	503.82	503.82	-	-		2015.27
	728.63			-	-	728.63	1457.26
503.82	1232.45	503.82	503.82	-	-	728.63	3472.53
1072.96	691.97	829.734	949.02	-	-		3543.68
	2492.32			-	-	636.64	3128.95

**Tabla 33 — Control de proyecto semana 3**

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 4
30-Ago	31-Ago	1-Set	2-Set	3-Set	4-Set	5-Set	
2885.79	1463.72	2982.08	1593.91	2657.73	-	-	11583.23

503.82	503.82	503.82	503.82	503.82	-	-	2519.08
728.63		728.63		728.63	-	-	2185.89
1232.45	503.82	1232.45	503.82	1232.45	-	-	4704.97
774.02	1463.72	775.99	1593.91	590.75	-	-	5198.39
2111.77		2206.09		2066.98	-	-	6384.84

Tabla 34 — Control de proyecto semana 4

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 5
6-Set	7-Set	8-Set	9-Set	10-Set	11-Set	12-Set	
-	-	-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	-	-	0.00

Tabla 35 — Control de proyecto semana 5

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 6
13-Set	14-Set	15-Set	16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	
-	-	-	-	-	1335.55	581.45	1917.00
-	-	-	-	-	503.82	503.82	1007.63
-	-	-	-	-	-	-	0.00
-	-	-	-	-	503.82	503.82	1007.63
-	-	-	-	-	1335.55	581.45	1917.00
-	-	-	-	-	-	-	0.00

Tabla 36 — Control de proyecto semana 6

D	L	M	M	J	V	S	SEMANA 7	TOTAL
20-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set		
6654.12	1603.65	563.34	2810.22	669.55	3250.00	1754.42	17305.31	50182.30
503.82	503.82	503.82	503.82	503.82	503.82		3022.90	12595.42
728.63			728.63		728.63	728.63	2914.52	10200.82
1232.45	503.82	503.82	1232.45	503.82	1232.45	728.63	5937.42	22796.24
249.59	1603.65	563.34	398.58	669.55	882.99		4367.70	22901.16
6404.53			2411.65		2367.00	1754.42	12937.61	27281.14

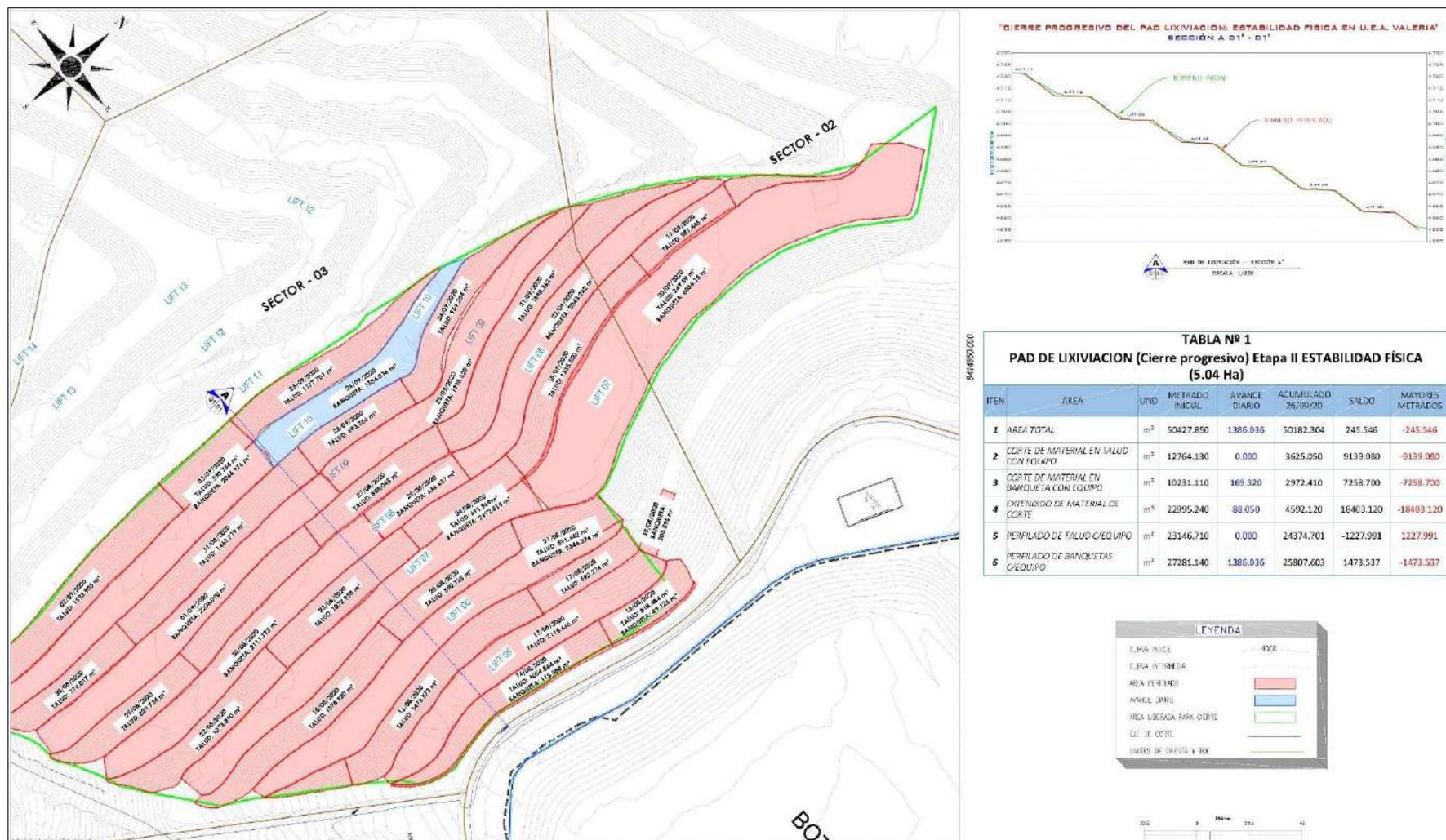


Figura 34 — Reporte diario del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

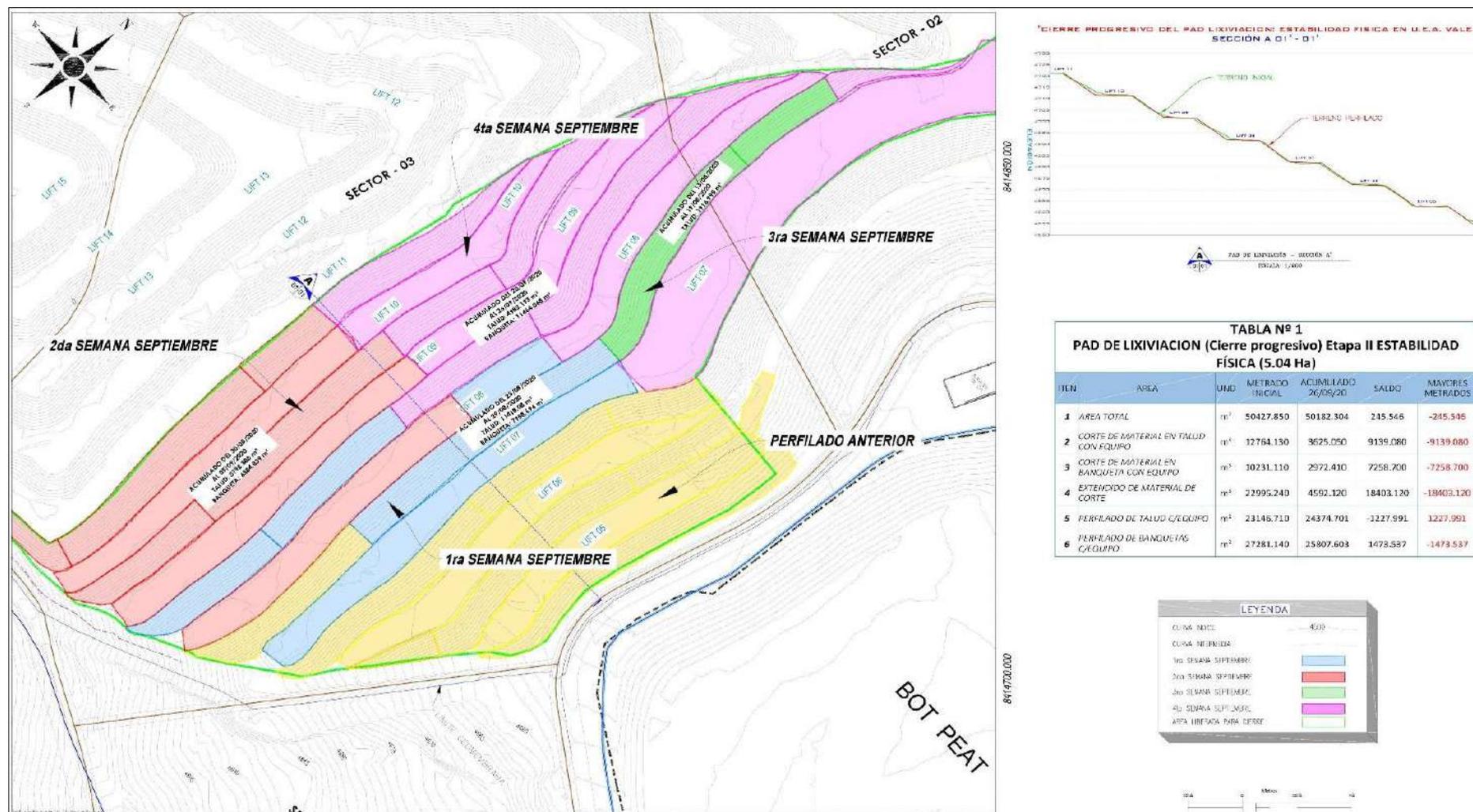


Figura 35 — Reporte semanal del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

5.1.6.6 Estabilidad Física Curva “S” del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

Tabla 37 — Curva “S” del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

<b>CURVA "S" ESTABILIDAD FISICA PAD LIXIVIACION (5.04 Ha) Etapa II</b>										
<b>CONTROL DE INGENIERIA</b>										
<b>Fecha de Inicio:</b>		14 de Agosto del 2020								
<b>Fecha de Terminó:</b>		26 de Setiembre del 2020								
<b>Plazo de ejecución:</b>		44 días calendario								
<b>ITEM - DESCRIPCION</b>		<b>SEMANAS</b>								
Item	Descripción		1	2	3	4	5	6	7	
			14-Aug	21-Aug	28-Aug	04-Sep	11-Sep	18-Sep	26-Sep	
01	TRABAJOS PRELIMINARES	Prog.	0.59%	2.07%	2.07%	2.07%	2.07%	84.09%	100.00%	
		Real	0.53%	2.75%	1.72%	2.99%	68.18%	67.89%	99.39%	
		Proy.								
02	MOVIMIENTO DE TIERRA	Prog.	3.95%	13.84%	13.84%	13.84%	13.84%	13.84%	13.84%	
		Real	5.45%	27.69%	18.96%	12.10%	19.26%	0.00%	3.63%	27.04%
		Proy.	4.55%	20.45%	36.36%	41.51%	52.27%	63.76%	67.89%	99.39%
<b>% PORCENTAJE DE AVANCE FÍSICO</b>										
AVANCE PROGRAMADO INICIAL		0.00%	4.55%	15.91%	15.91%	15.91%	15.91%	15.91%	15.91%	
AVANCE PROGRAMADO ACUMULADO		0.00%	4.55%	20.45%	36.36%	52.27%	68.18%	84.09%	100.00%	
AVANCE REAL		0.00%	5.98%	21.71%	13.82%	22.25%	0.00%	4.13%	31.50%	
AVANCE REAL ACUMULADO		0.00%	5.98%	27.69%	41.51%	63.76%	63.76%	67.89%	99.39%	

### 5.1.6.7 Valorización del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

#### 5.1.6.7.1 Conciliación de metrados

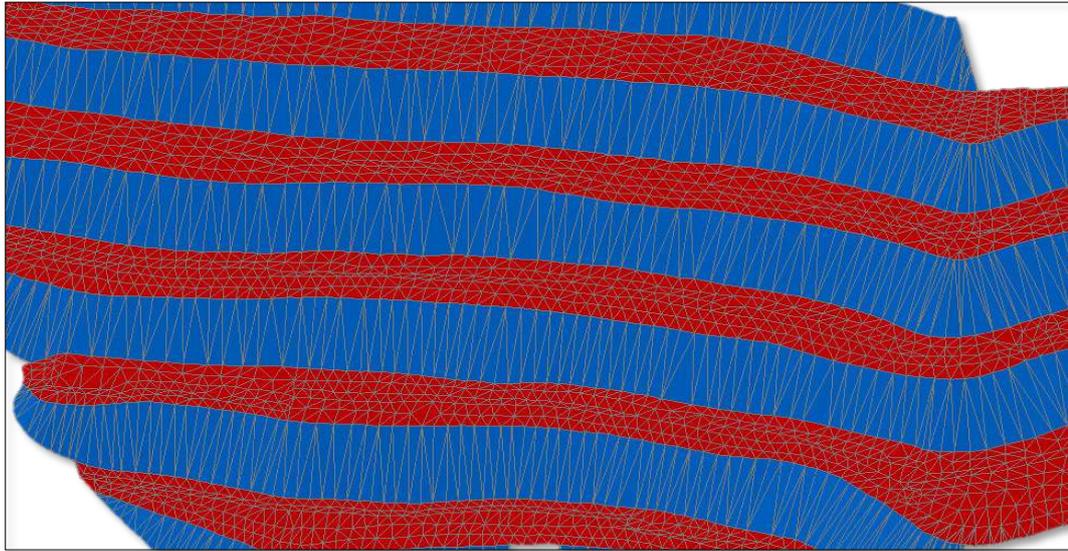


Figura 36 — Levantamiento topográfico final del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

#### 5.1.6.7.2 Cálculo de área en banquetas y taludes para conciliación del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

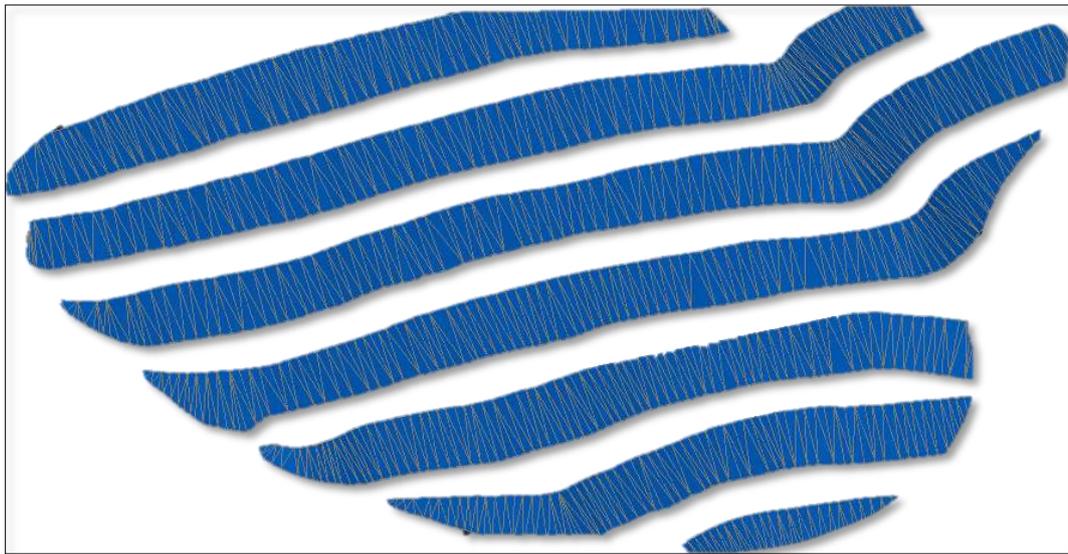


Figura 37 — Diseño del área en taludes

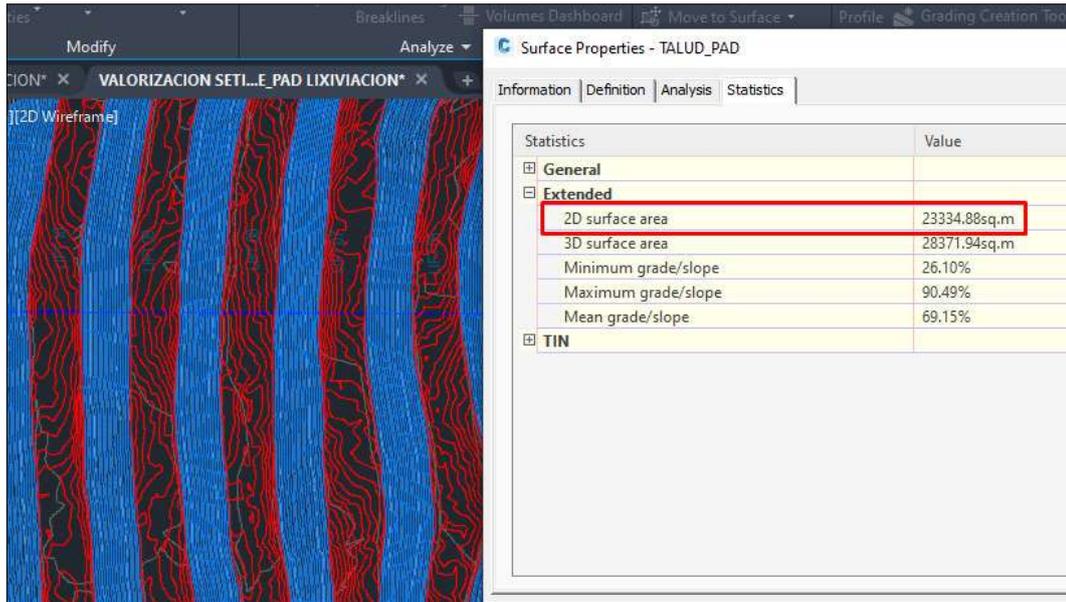


Figura 38 — Cálculo de área en banquetas y taludes



Figura 39 — Diseño de áreas en banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

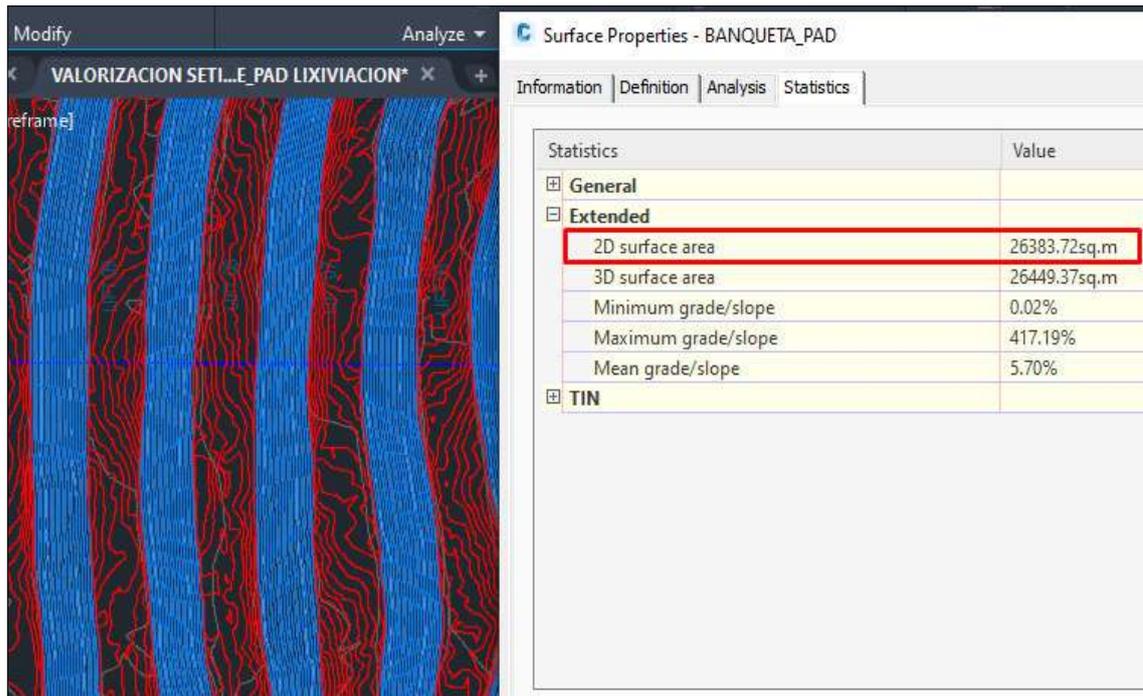


Figura 40 — Cálculo del área de banquetas

### 5.1.6.7.3 Cálculo de volumen de corte y relleno en banquetas y taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

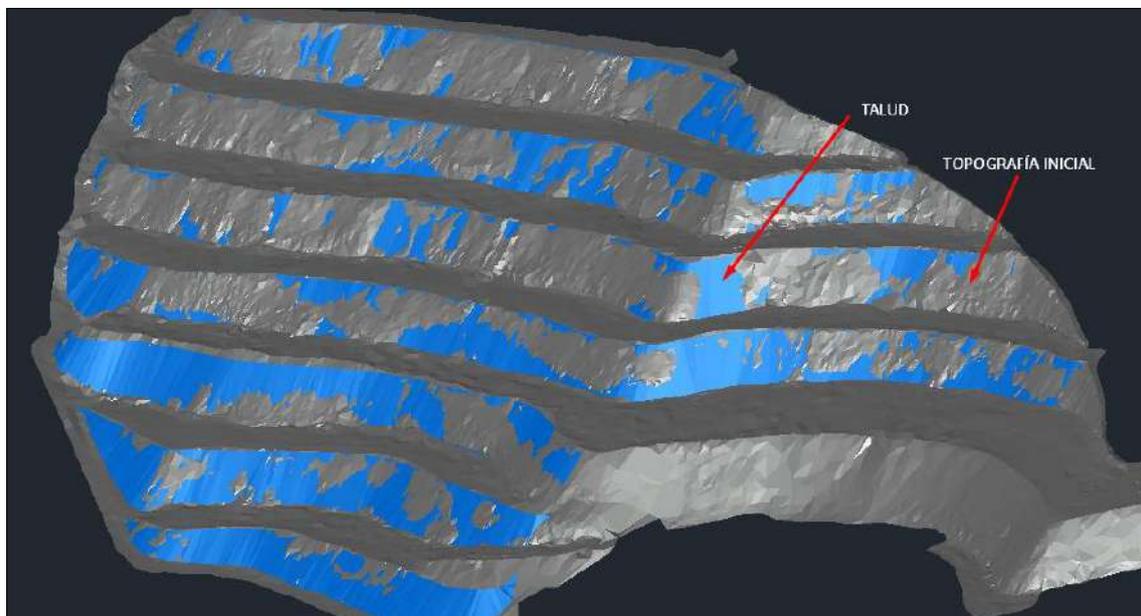


Figura 41 — Diseño de Corte y relleno en taludes del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

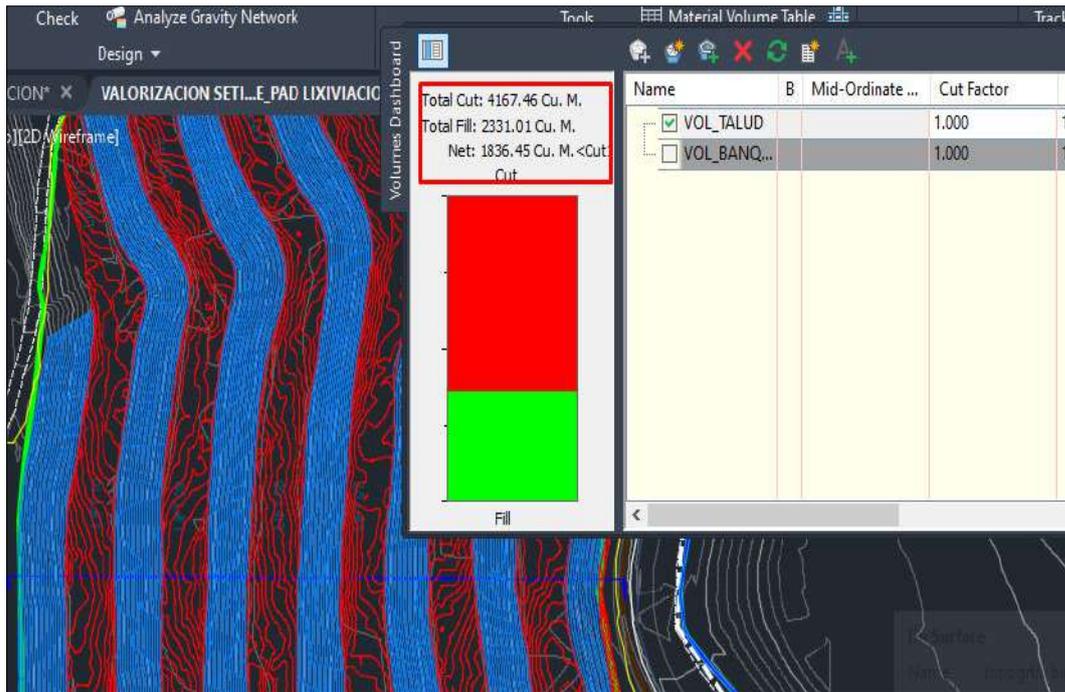


Figura 42 — Cálculo del volumen de banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

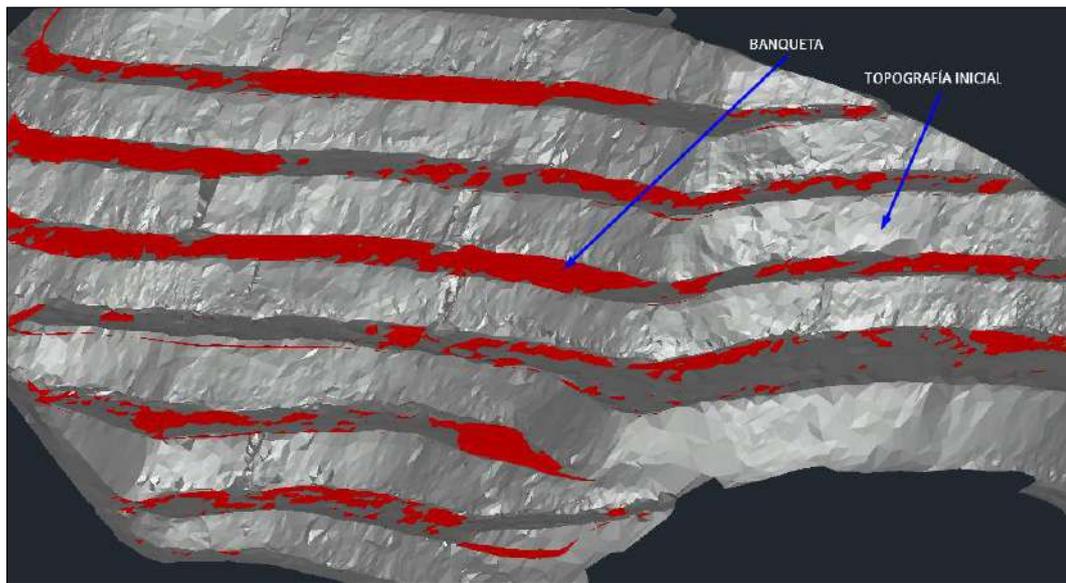
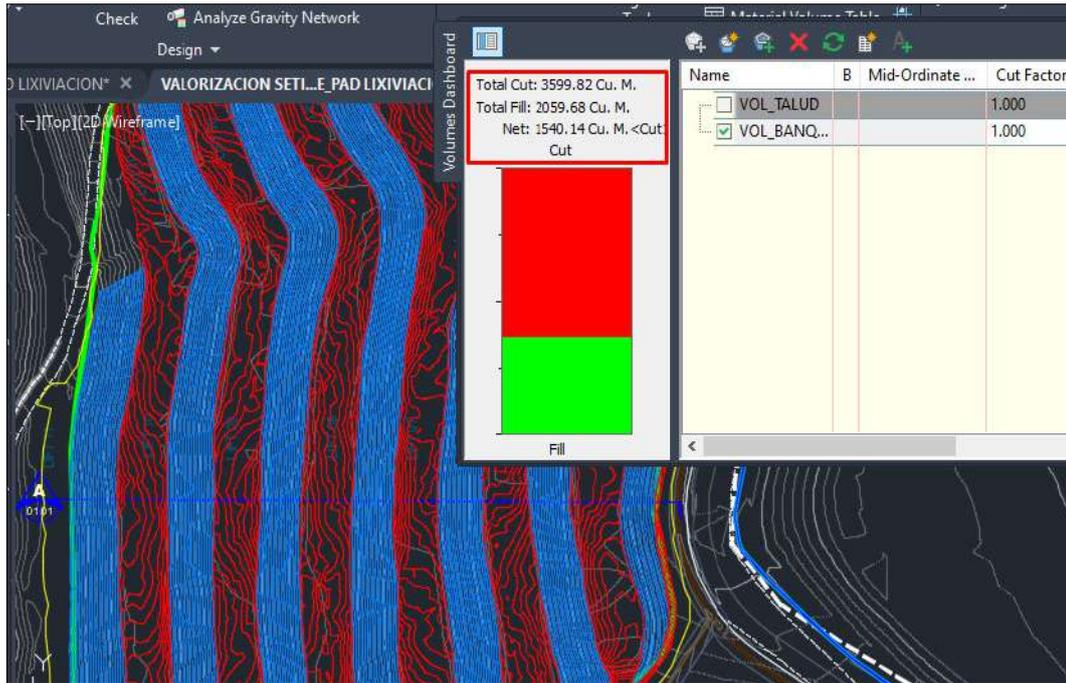


Figura 43 — Diseño de Corte y relleno en banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II



**Figura 44 — Cálculo de Corte y relleno en taludes y banquetas del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II**

5.1.6.7.4 Conciliación de metrados del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II (descripción)

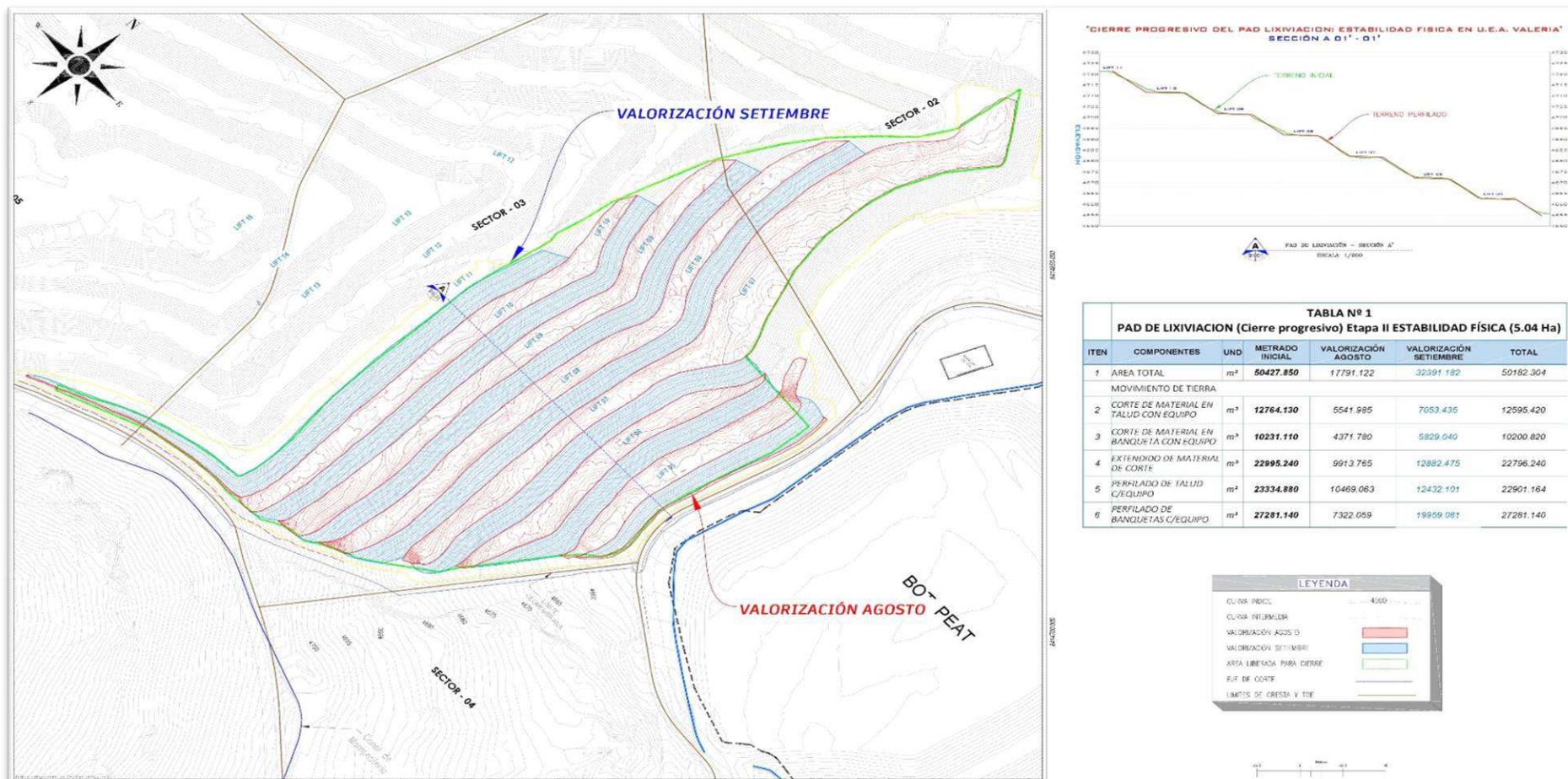


Figura 45 — Valoración del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II

**Tabla 38 — Valoración del pad de lixiviación 5.04 Ha etapa II**

RESUMEN VALORIZACION ADICIONAL DE OBRA N° 06 DEL 26 DE AGOSTO AL 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2020																	
PROYECTO:		PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA UM ANAMA - CIERRE PROGRESIVO										ESCENARIO		: CIERRE PROGRESIVO			
PRESUPUESTO:		ESTABILIDAD FISICA PAD DE LIXIVIACION Etapa II 5.04 Ha										TIPO DE CONTRATO		: PRECIO UNITARIO			
REFERENCIA		R.D. 284-2016-MEM-DGAAM										EJECUTOR		: ANABI S.A.C.			
CLIENTE		ANABI S.A.C.										SUPERVISOR		: ANABI S.A.C.			
UNIDAD MINERA:		ANAMA															
UBICACION:		HUAQUIRCA - ANTABAMBA - APURIMAC															
PRESUPUESTO		\$91,922.76															
ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRATADO				ACUMULADO ANTERIOR			AVANCE ACTUAL			ACUMULADO ACTUAL			SALDO CONTRACTUAL		
		UND	METRADO	P.U. (US \$.)	TOTAL (US \$.)	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%	METRADO	MONTO	%
01	PLAN DE CIERRE DE MINAS EN LA UM ANAMA - CIERRE PROGRESIVO																
01.01	ESTABILIDAD FISICA PAD DE LIXIVIACION Etapa II 5.04 Ha																
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES																
01.01.01.01	NIVELACION TRAZO Y REPLANTEO C/EQUIPO	m2	50,427.85	0.12	6,264.05	17,791.12	2,209.98	35.28%	32,391.18	4,023.57	64.23%	50,182.30	6,233.55	99.51%	245.55	30.50	0.49%
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRA																
01.01.02.01	CORTE DE MATERIAL EN TALUD CON EQUIPO	m3	12,764.13	0.36	4,632.27	5,541.98	2,011.26	43.42%	7,053.44	2,559.78	55.26%	12,595.42	4,571.04	98.68%	168.71	61.23	1.32%
01.01.02.02	CORTE DE MATERIAL EN BANQUETA CON EQUIPO	m3	10,231.11	0.32	3,284.58	4,371.78	1,403.51	42.73%	5,829.04	1,871.35	56.97%	10,200.82	3,274.86	99.70%	30.29	9.72	0.30%
01.01.02.03	EXTENDIDO DE MATERIAL DE CORTE	m3	22,995.24	0.24	5,484.04	9,913.76	2,364.29	43.11%	12,882.48	3,072.29	56.02%	22,796.24	5,436.58	99.13%	199.00	47.46	0.87%
01.01.02.04	PERFILADO DE TALUD C/EQUIPO	m2	23,146.71	0.60	13,800.40	10,469.06	6,241.80	45.23%	12,432.10	7,412.20	53.71%	22,901.16	13,654.00	98.94%	245.55	146.40	1.06%
01.01.02.05	PERFILADO DE BANQUETAS C/EQUIPO	m2	27,281.14	0.54	14,691.33	7,322.06	3,943.05	26.84%	19,959.08	10,748.29	73.16%	27,281.14	14,691.33	100.00%	-0.00	-0.00	0.00%
	COSTO DIRECTO				48,156.67		18,173.89			29,687.47			47,861.36			295.31	
	GASTO GENERALES				38,950.42		12,508.67			23,249.23			35,757.91			3,192.52	
	UTILIDADES 10.00%				4,815.67		1,817.39			2,968.75			4,786.14			29.53	
	SUB TOTAL				91,922.76		32,499.95			55,905.45			88,405.41			3,517.36	

## 5.2 Análisis del primer objetivo específico

En el análisis del software civil 3D para el control de movimiento de tierras mediante sus aplicaciones y herramientas que permite la optimización de la estabilidad física del Pad de Lixiviación.

**Grading:** Que me permite realizar el diseño y modelamiento en 3D de explanaciones y terraplenes.



Figura 46 — Aplicación grading

**Surface Properties:** Permite el cálculo de áreas en 2D y 3D de una superficie.

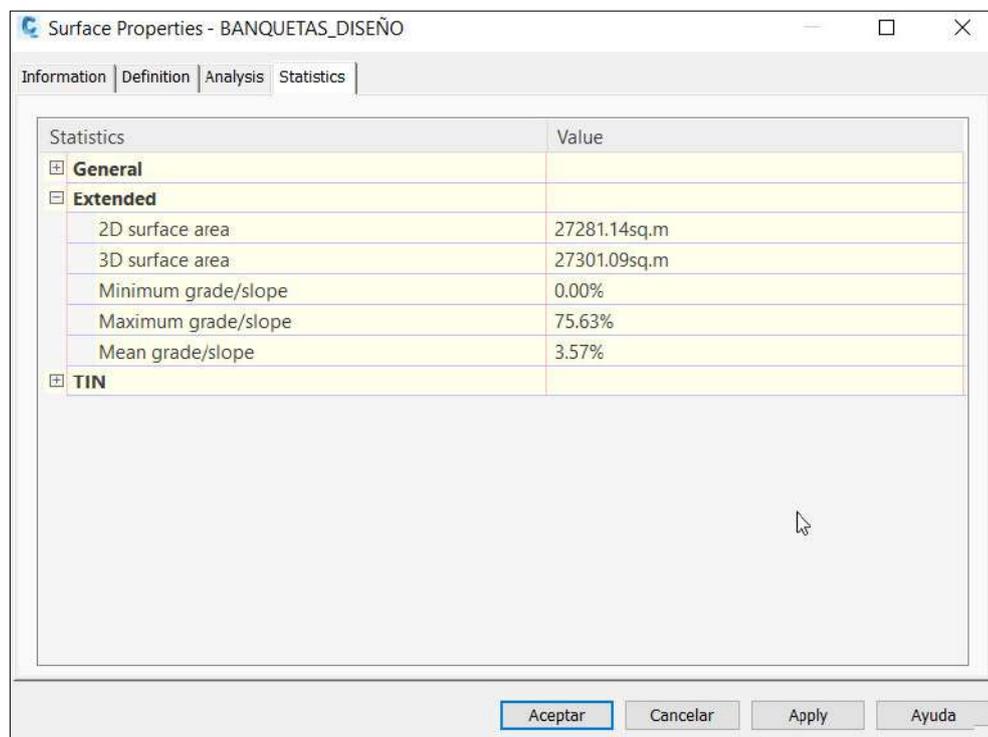


Figura 47 — Resultados surface properties

**Paste Surface:** Una herramienta del Civil 3D que permite pegar o parchar 2 superficies una inicial y otra final.

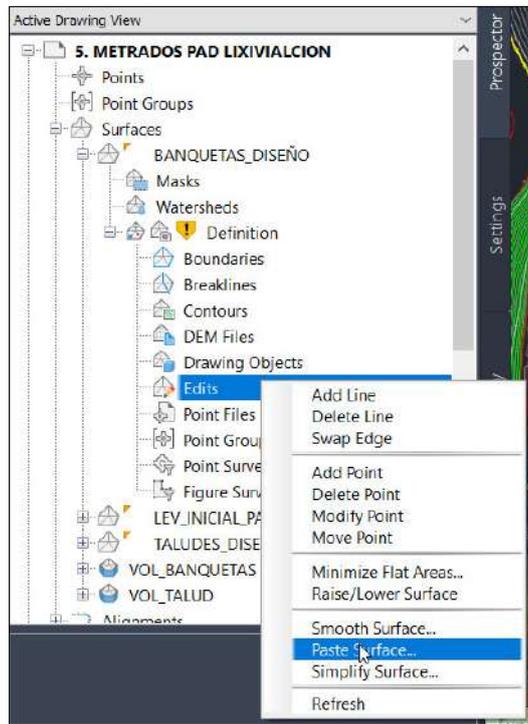


Figura 48 — Paste surface

**Volumes Dashboard:** Es una aplicación bastante efectiva para el cálculo de volúmenes en base a dos superficies de comparación inicial y final.

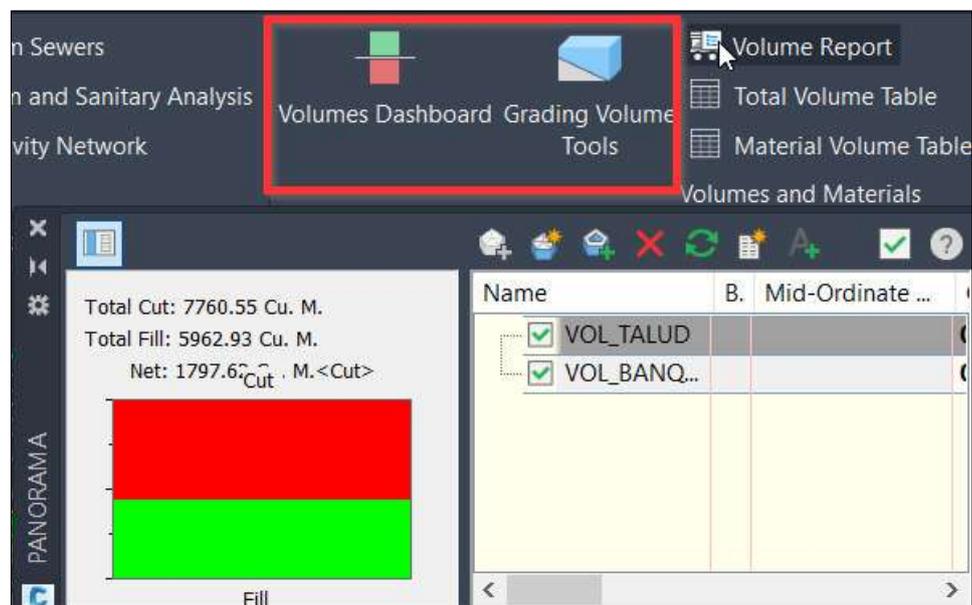


Figura 49 — Volumes Dashboard

### 5.3 Análisis del segundo objetivo específico

**Tabla 39 — Método tradicional corte y relleno**

Método Tradicional					
Partidas	Unidad	Metrado (Inicial)	Ejecutado Total	Saldo	Mayores Metrados
Corte de material en talud con equipo	m <sup>3</sup>	13583.8	11493.48	<b>2,090.32</b>	-
Corte de material en banquetta con equipo	m <sup>3</sup>	2113.03	2,582.32	<b>0</b>	<b>469.29</b>
Extendido de material de corte	m <sup>3</sup>	16146.0	13337.67	<b>2,808.33</b>	-

En el análisis del software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el proceso de corte y relleno basados en el método tradicional se obtuvo las siguientes diferencias con respecto al metrado total ejecutado y el metrado inicial: Corte de material en talud quedo un saldo de 2,090.32 m<sup>3</sup>, en el Corte de material en banquetta se obtuvo mayores metrados de 469.29 m<sup>3</sup> y en el extendido de material de corte se obtuvo un saldo de 2,808.33 m<sup>3</sup>.

**Tabla 40 — Método aplicando civil 3D corte y relleno**

Método Tradicional					
Partidas	Unidad	Metrado (Inicial)	Ejecutado Total	Saldo	Mayores Metrados
Corte de material en talud con equipo	m <sup>3</sup>	12,764.13	12595.42	<b>168.71</b>	-
Corte de material en banquetta con equipo	m <sup>3</sup>	10,231.11	10200.82	<b>30.29</b>	-
Extendido de material de corte	m <sup>3</sup>	22,995.24	22796.24	<b>199</b>	-

En el análisis del software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el proceso de corte y relleno Aplicando el Civil 3D se obtuvo las siguientes diferencias con respecto al metrado total ejecutado y el metrado inicial: Corte de material en talud quedo un saldo de 168.71 m<sup>3</sup>, en el Corte de material en banquetta quedo un saldo de 30.29 m<sup>3</sup> y en el extendido de material de corte se obtuvo un saldo de 199 m<sup>3</sup>.

De esta manera se evidencio que al aplicar el software civil 3D optimiza los procesos de corte y relleno, dejando saldos más prudentes con respecto al metrado inicial.

#### 5.4 Análisis del tercer objetivo específico

**Tabla 41 — Costo de la estabilidad física del pad de lixiviación método tradicional**

<b>Procedimiento con el Método Tradicional</b>					
IDESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRATADO	ENERO	FEBRERO	ACUMULADO	SALDO
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
Nivelación Trazo y Replanteo C/Equipo	25987.73	22374.89	2453.29	24828.18	1159.55
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					
Corte de material en talud con equipo	4929.74	3493.65	677.48	4171.13	758.61
Corte de material en banqueta con equipo	678.36	678.36	0.00	678.36	0.00
Extendido de material de corte	3850.60	3047.05	133.80	3180.84	669.76
Perfilado de talud c/equipo	25956.38	19637.83	1769.08	21406.90	4549.48
Perfilado de banquetas c/equipo	14700.37	14700.37	0.00	14700.37	0.00
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>76103.18</b>	<b>63932.15</b>	<b>5033.64</b>	<b>68965.80</b>	<b>7137.38</b>

El análisis sobre el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el estudio de tiempo y costo a través del método tradicional se calculó el costo de trabajos preliminares basado en nivelación de trazo y replanteo con equipo con un presupuesto contratado de 25987.73 dólares y el costo acumulado real fue de 24828.18 dólares dejando un saldo de 1159.55 dólares, el costo directo de la etapa I contratado es de 76103.18 dólares y el costo directo acumulado fue de 68965.80 dólares dejando un saldo de 7137.38 dólares

**Tabla 42 — Costo de la estabilidad física del pad de lixiviación método tradicional (Mayores metrados)**

<b>Procedimiento con el método tradicional (mayores metrados)</b>					
DESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRATADO	ENERO	FEBRERO	ACUMULADO	SALDO
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
Nivelación Trazo Y Replanteo C/Equipo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					
Corte de material en talud con equipo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corte de material en banqueta con equipo	150.66	0.00	150.66	150.66	0.00
Extendido de material de corte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Perfilado de talud c/equipo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Perfilado de banquetas c/equipo	2003.07	0.00	2003.07	2003.07	0.00
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>2153.73</b>	<b>0.00</b>	<b>2153.73</b>	<b>2153.73</b>	<b>0.00</b>

El análisis sobre el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el estudio de tiempo y costo a través del método tradicional presento mayores metrados en las partidas de corte de material en banquetas con equipo el presupuesto contratado fue de 150.66 dólares y perfilado de banquetas c/equipo presupuesto contratado fue 2003.07 dólares haciendo un costo directo del presupuesto contratado de 2153.73 dólares.

**Tabla 43 — Optimización del costo de la estabilidad física del pad de lixiviación método aplicando civil 3D**

<b>Procedimiento Aplicando Civil 3D</b>					
DESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRATADO	ENERO	FEBRERO	ACUMULADO	SALDO
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
Nivelación Trazo Y Replanteo C/Equipo	6264.05	2209.98	4023.57	6233.55	30.50
<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>					
Corte de material en talud con equipo	4632.27	2011.26	2559.78	4571.04	61.23
Corte de material en banqueta con equipo	3284.58	1403.51	1871.35	3274.86	9.72
Extendido de material de corte	5484.04	2364.29	3072.29	5436.58	47.46
Perfilado de talud c/equipo	13800.40	6241.80	7412.20	13654.00	146.40
Perfilado de banquetas c/equipo	14691.33	3943.05	10748.29	14691.33	0.00
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>48156.67</b>	<b>18173.89</b>	<b>29687.47</b>	<b>47861.36</b>	<b>295.31</b>

El análisis sobre el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el estudio de tiempo y costo a través del método del civil 3D se calculó el costo de trabajos preliminares basado en nivelación de trazo y replanteo con equipo con un presupuesto contratado de 6264.05 dólares y el costo acumulado real fue de 6233.55 dólares dejando un saldo de 30.50 dólares, el costo directo de la etapa II contratado es de 48156.67 dólares y el costo directo acumulado fue de 47861.36 dólares dejando un saldo de 295.31 dólares.

De esta manera se evidencio que al aplicar el software civil 3D optimiza el estudio de tiempo y costo, dejando saldos más razonables sin dejar pérdidas económicas y retrabajos como las que se muestra al aplicar el método tradicional.

**Tabla 44 — Estimación del tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación etapa I método tradicional**

Estimación del tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación etapa I - método tradicional				
Ítem	Inicio	Fin	Duración del proyecto	% de avance físico
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programación del proyecto (ver Figura 14)</li> </ul>	10 de enero del 2020	29 de febrero del 2020	51 días calendario	<b>Programado 100 %</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de ejecución (Ver Tabla 22)</li> </ul>	10 de enero del 2020	29 de febrero del 2020	51 días calendario	<b>Real Ejecutado 94.80 %</b>

El análisis para calcular el tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación mediante el método tradicional nos permite saber qué, si se cumplió con los plazos entre lo programado y lo ejecutado, más no se cumplió con él % de avance físico dejando un saldo de 5.20 %.

**Tabla 45 — Estimación del tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación etapa II método aplicando civil 3D**

Estimación del tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación etapa II método aplicando civil 3D				
Ítem	Inicio	Fin	Duración del proyecto	% de avance físico
<ul style="list-style-type: none"> <li>Programación del proyecto (ver Figura 33)</li> </ul>	14 de agosto de 2020	26 de setiembre de 2020	44 días calendario	<b>Programado 100 %</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de ejecución (Ver Tabla 38)</li> </ul>	14 de agosto de 2020	26 de setiembre de 2020	44 días calendario	<b>Real Ejecutado 99.39 %</b>

El análisis para calcular el tiempo de ejecución de la estabilidad física del pad de lixiviación mediante aplicando el método del software Civil 3D nos permite saber qué, se cumplió con los plazos entre lo programado y lo ejecutado, a la vez en el % de avance físico nos deja un saldo mínimo de 0.61%, Evidenciando que este método optimiza la estabilidad física del pad de lixiviación mediante el estudio de tiempo y costo.

## 5.5 Discusión

En el presente trabajo de investigación se planteó diferentes objetivos específicos tales como: Probar que el software civil 3D para el control de movimiento de tierras mediante sus aplicaciones y herramientas permite la optimización de la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020. Demostrando que las aplicaciones y herramientas como: grading, surface properties, paste surface y volumes dashboard, optimizan los procesos de diseño y modelamiento, cálculo de metrados para presupuesto, control y seguimiento del proyecto y valorización final.

Analizando es segundo objetivo específico verificar que el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el proceso de corte y relleno influye en la optimización de la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020. Podemos evidenciar en los resultados analizados al hacer una comparación del método tradicional y el método aplicando el auto CAD Civil 3d en cuanto al corte de material en talud con equipo con método tradicional se obtuvo un total de 11493.48 m<sup>3</sup> a diferencia que aplicando el AutoCAD se obtuvo 12595.42 m<sup>3</sup> teniendo un diferencia de 1101.94 m<sup>3</sup> además podemos evidenciar que no se obtuvo mayores metrados con el método tradicional , y evidenciando que la estimación fue más exacta a través del método de aplicación el AutoCAD civil 3D. En cuanto al corte de material en baqueta con equipo con el método tradicional se obtuvo un 2113.03m<sup>3</sup> y con el método de AutoCAD tuvo 10200.82 m<sup>3</sup> obteniendo un valor de -8087.79 m<sup>3</sup> por tal razón se realiza mayores metrados, a través de método tradicional donde se colocó un total de 469.29 m<sup>3</sup> dando a conocer una mayor inversión de tiempo y costo.

Demostrando una vez más la eficacia del uso de este software, en relación con el extendido de material de corte con el método tradicional de obtuvo 13337.67m<sup>3</sup> y con la aplicación del software se tiene un 22796.24 m<sup>3</sup> obteniendo una diferencia de -9458.57 m<sup>3</sup> tendiendo un valor negativo y por debajo de una estimación más precisa donde se puede optimizar todo el proceso realizado. Podemos mencionar que la utilización de este software ayuda a dar el seguimiento de porcentaje permitiendo en un futuro cumplir con los estándares de recuperación de toneladas métricas designadas por el área de planeamiento. Donde guarda relación con el resultado de los autores Belette, Marcheco y Batista (2020)

“calcular el volumen con el software AutoCAD civil 3D ” en la cual resalta que los resultados del cálculo de volumen en el movimiento de tierra de las diferentes áreas estudiadas, se necesita un levantamiento topográfico, Así mismo los resultados coinciden en un buen cálculo de volúmenes con el software AutoCAD civil 3D para determinar la cantidad de tierra movida, como también poder planificar a futuro algún aumento de material movido, ya sea por turno, por día o a la semana y lograr así aumentar la producción.

Analizando el tercer objetivo específico mostrar que el software civil 3D para el control de movimiento de tierras en el estudio de tiempo y costo optimiza de la estabilidad física del Pad de Lixiviación en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020. Se puede evidenciar que en relación con los trabajos preliminares tales como nivelación trazo y replanteo c/equipo a través del método tradicional evidenciamos un saldo de \$1159.55 a diferencia del procedimiento aplicando el software civil 3d que presento \$30.50 evidenciado una notoria diferencia en los costos de trabajos previos. En cuanto al ítem movimientos de tierra podemos encontrar que en la actividad corte de material en talud con equipo a través del método tradicional se observa un costo de \$ 758.61 y con la utilización del software presenta un costo de \$61.23 obteniendo una diferencia muy significativa de \$697.38; en cuánto a la actividad Corte de material en banqueta con equipo a través del método tradicional se puede evidenciar que a través del método tradicional nos estimó ningún costo, pero al utilizar el software observamos un monto de \$ 9.72, en cuanto al ítem de extendido de material de corte a través de método tradicional se obtiene un monto de \$669.76 y con la aplicación del softwares estima un \$47.46 teniendo una diferencia de \$622.3 la cual observamos una significativa diferencia al utilizar cual o tal método. Al realizar una comparación total de montos se evidencia que con el método tradicional obtenemos un monto de \$7137.385 y al realizar la estimación con el software se obtiene un costo directo de \$295.31 haciendo una diferencia de \$6842.075, resultados que coinciden con Polo (2020) donde redujo los costos en las operaciones de la mina Cerro Lindo mediante la implementación de un diseño nuevo. Quien concluyo que la implementación de un nuevo diseño, genera reducción de los costos. Con estos resultados se pude constatar que, con un buen diseño para cualquier minería, reducir riesgos por

accidentes laborales y evitar que los equipos sufran daños y no generar tiempos muertos para el retraso de la producción si no lo contrario con el diseño adecuado se logra incrementar la producción. Además, se demostró la optimización en tiempo de la estabilidad física de Pad de Lixiviación través de la aplicación del software civil 3D en la unidad minera ANAMA – Huaquirca Apurímac 2020. Se puede observar que existe una diferencia entre ambos métodos ya que aplicando el software el tiempo de optimización es de 7 semanas mientras que con el método tradicional es de 8 semanas se puede evidenciar que las metas por semana son un tanto más exactas evidenciando una vez más que al utilizar el software se optimiza el tiempo y se programa de forma más exacta el trabajo realizado por semana. Donde tiene relación el autor Flores (2018) en su investigación la cual tuvo como objetivo primordial diseñar las galerías de desarrollo para identificar de estructuras con mineral e incrementar las reservas minerales obteniendo como resultado que la inversión realizada en el diseño de las galerías se logró recuperar en un plazo de 15 meses, así mismo se aumentó la producción en la Unidad. Mediante los resultados se pudo confirmar que antes de realizar cualquier tipo de diseño en alguna Unidad Minera, debemos tener en cuenta el plazo a recuperar la inversión en dinero y tiempo que se realizara en el diseño que se realiza, y siendo importante la utilización de algún tipo de software para una mejor optimización en tiempo y dinero.



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- Sobre las aplicaciones y herramientas del software civil 3D para el control de movimiento de tierras, se evidencio que las bondades del civil 3D como: grading, surface properties, paste surface y volumes dashboard. optimizan los procesos de diseño y modelamiento, cálculo de metrados para presupuesto, control y seguimiento del proyecto y valorización final.
- Sobre el proceso de corte y relleno de material utilizando el software civil 3D se demostró que la efectividad del extendido de material fue 99.13% frente al método tradicional que fue 82.61% y presentó mayores metrados de 469.29 m3. Estos valores evidencian que la aplicación del software civil 3D optimiza los procesos de corte y relleno.
- En cuanto al estudio de tiempo y costo en la estabilidad física de pad de lixiviación, La aplicación del software civil 3D disminuye radicalmente los costos dejando saldos menores. En cuanto al tiempo se cumplió con los plazos entre lo programado y lo ejecutado, a la vez en el % de avance físico deja un saldo mínimo de 0.61%. Demostrando una vez más que el uso de este software optimiza tiempo y costo.
- En cuanto al objetivo general, el civil 3D mediante el uso de sus aplicaciones y herramientas mejora el cálculo de corte y relleno y perfecciona el control de tiempo y costo durante la ejecución del proyecto de estabilidad física, evidenciando notoriamente que el uso de las bondades del software optimiza todos los procesos en cada una de sus etapas.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda que en la Unidad minera Anama, se implemente las bondades del software civil 3D como: grading, surface properties, paste surface y volumes dashboard. Que optimizan considerablemente los procesos de elaboración de metrados, control y valorización. de tal manera que se evitara futuros retrasos y retrabajos.
- Para calcular volúmenes más precisos se recomienda realizar un levantamiento topográfico detallado, antes de realizar el proyecto durante la ejecución y al finalizar el proyecto esto ayudara en gran medida a la interpretación de datos mediante el software civil 3D.
- Se recomienda invertir en tecnología, como equipos geodésicos (estación total robóticos, GPS Diferencial y Drones) que permitirán un control mas preciso en campo (trazo y replanteo), esto ayudara a trabajar con datos mas ajustados a la realidad de tal forma que los cálculos serán más precisos y evitara retrabajos que afecten en el tiempo y costo del proyecto.
- La aplicación del Software civil 3D acompañado con una tecnología competitiva optimiza en gran medida los proyectos movimiento de tierras es por ello que se recomienda su utilización en todas las fases y etapas del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Quispe, A y Correa, M.** *Factor de seguridad en la estabilidad en pad de lixiviación.* s.l. : Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.
- IGUA.** *Un accidente en una mina de oro mexicana provoca un vertido de 400.000 l. de solución de cianuro.* Mexico : s.n., 2016.
- CODELCO.** *Accidente Fatal en Minera Gaby.* Chile : s.n., 2012.
- Resolucion Directoral.** *Resolucion Directoral.* Lima : Ministerio de Energia y minas , 2018.
- Barros, P.** *la informacion de la Tierra.* s.l. : Biblioteca Salvat, 1990.
- Rodriguez, J.** *Topografía con AutoCAD CIVIL 3D.* s.l. : ECOE Ediciones, 2016.
- Seguridad Minera.** *Peligros geológicos en la instalación de lixiviación en pilas.* Peru : s.n., 2017.
- Loayza, R.** *La minería en el Peru.* Lima - Peru : s.n., 2017.
- Torres, G y Villanueva, K.** *Diseño y desarrollo de una herramienta para el dimensionamiento optimo de flotas de movimiento de tierras en obras civiles.* Chimbote- Peru : Universidad Nacional del Santa, 2015.
- Parra, D y Prieto, D.** *Calculo de movimiento de tierras realizados en la zona del deslizamiento del presio B en la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas sede vivero.* Bogota : Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016.
- Flores, A.** *Metodologia del Apilamiento de un Pad de Lixiviacion utilizando el autocad como software de planeamiento operativo.* Arequipa-Peru : Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2019.
- Flores, R.** *Eficiencia y productividad optima en movimiento de tierras para la construccion de plataformas de lixiviacion.* Huancayo- Peru : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2015.
- Cuellar, J.** *Control Ambiental y Geotecnico del Pad de Lixiviacion fase IV de la mina Cuajone.* Tacna- Peru : Universidad Nacional Jorgue Basadre, 2019.
- Yaure, L.** *Analisis del Equipo mas conveniente para realizar un movimiento de tierras partiendo del diagrama de masas.* Machala : Universidad Tecnica de Machala, 2018.
- Guerrero, R y Quito, G.** *Implementacion de una gestion de calida utilizando la metodologia Bim Management para Movimiento de tierra en Pavimento Urbano en el distrito de Carabayllo año 2019.* Lima- Peru : Universidad Privada del Norte, 2020.
- Mogollon, F.** *Movimientos de tierra del diseño de la via el limon del canton pasaje, Provincia de el oro, aPlicando civil 3d.* Machala- Ecuador : s.n., 2021.



- Tiktin, J.** *Movimiento de tierras (Procedimientos Generales de Construcción)*. s.l. : Escuela Técnica superior de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1997.
- Ibañez, L.** *Geodesia*. Madrid : Instituto Geográfico Nacional, 2003.
- Carderera, J.** *Taquemetria. Exposición de los métodos modernos para el levantamiento de planos y de sus principales aplicaciones*. s.l. : Fortanet, 1877.
- Reyes, N.** *Propuesta de Diseño Geométrico en Carreteras de camino Vecinal Utilizando software Autocad Civil 3d*. Huanuco : Universidad Nacional Hermilio Valdizan, 2018.
- Arias, J, Manco, O y Giraldo, P.** *Influencia de la información Geotécnica de los suelos en la utilización de la maquinaria en movimientos de tierra*. Medellín : Universidad De Medellín, 2010.
- Agencia Estatal de seguridad.** *álculo de cubicaciones y movimientos de tierras*. s.l. : ESTOP, Fotografía , topografía y proyectos, 2014.
- Ojeda, J, Parra, A y Sanchez, R.** *Análisis Estructural*. Baja California : Universidad Autónoma de Baja California.
- Castiblanco, Y.** *Topografía en Obra civil*. Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- Viceministerio De Gestión Ambiental.** *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. s.l. : Ministerio del Ambiente, 2010.
- Bustamante, E.** *Evaluación metalúrgica de lixiviación con ácido sulfúrico de mineral oxidado de cobre de la mina Antapaccay para optimizar su comportamiento frente a los parámetros controlados de altura y curado*. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2015.
- Gomez, I.** *Determinación de la topografía usando Herramientas Virtuales Para Formulación de Proyectos*. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería , 2018.
- Lawrence, D.** *Tratamiento metodológico para la implementación del autocad civil 3den el diseño de Canales*. Cuba : Universidad de Holguín, 2015.
- Alca, G y Guitierrez, D.** *Análisis de Movimiento de tierras en carreteras generado por el método de diferencia de superficies con dron en contraste al método de prisma de carretera*. Puno- Perú : Universidad Nacional del Altiplano, 2021.
- Galarza, J, y otros.** *Modelo matemático para el control y auditoría de movimientos de tierra*. Guayaquil- Ecuador : s.n., 2016.
- Alberca, J.** *Control de calidad en la construcción de una plataforma de lixiviación de la unidad minera Pierina*. Piura : Universidad de Piura, 2019.



## ANEXOS



**Panel fotográfico**



**Figura 50 — Plantillado de taludes método tradicional**



**Figura 51 — Plantillado de banquetas método tradicional**



**Figura 52 — Trazo y replanteo con estación total método civil 3D**



**Figura 53 — Trazo y replanteo con estación total método civil 3D**



Figura 54 — Trabajos de gabinete



Figura 55 — Clima laboral



**Figura 56 — Estabilidad física pad de lixiviación etapa I**



**Figura 57 — Estabilidad física pad de lixiviación etapa I**

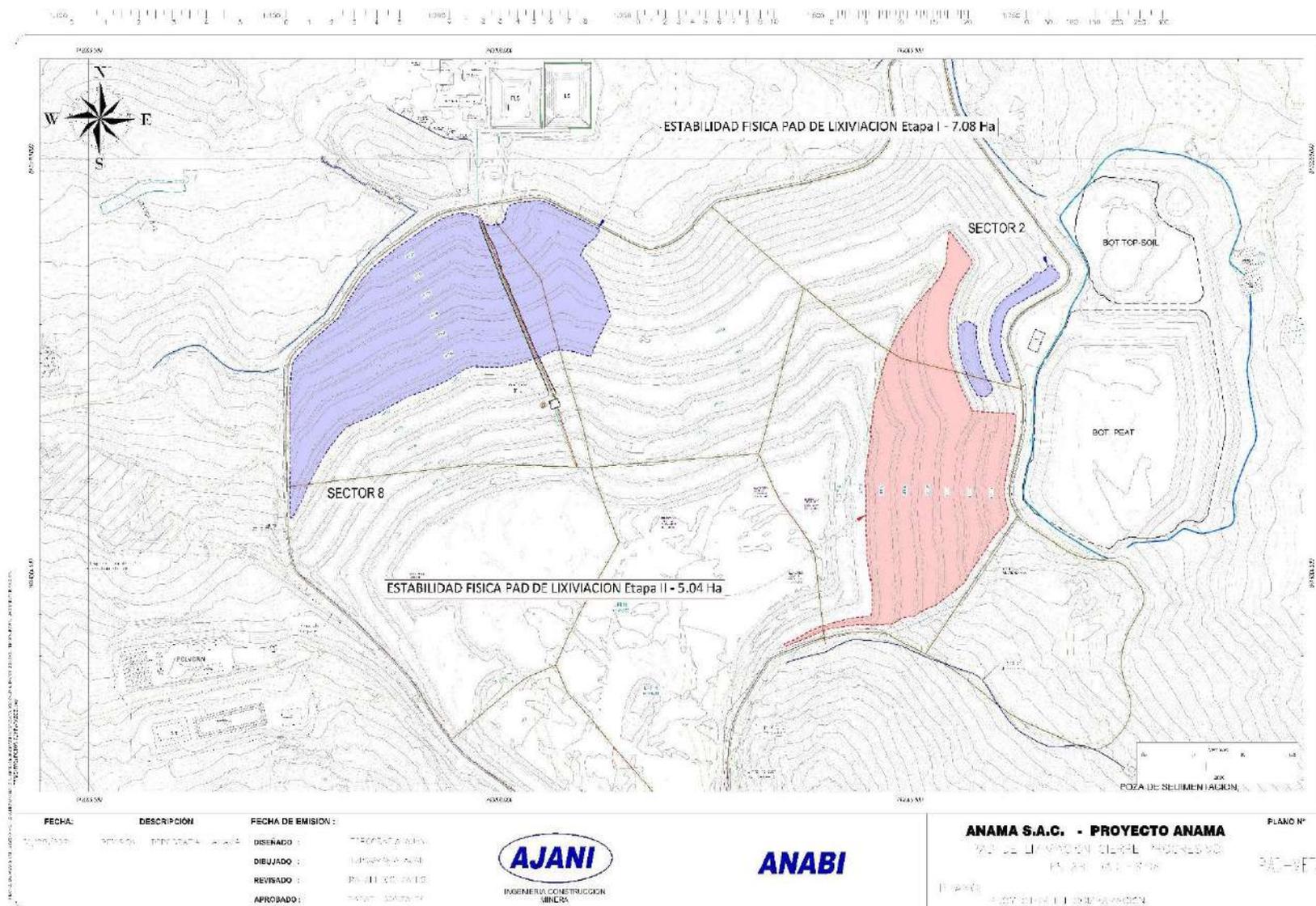


Figura 58 — Proyectos comparados por el método tradicional y aplicando el software civil 3D

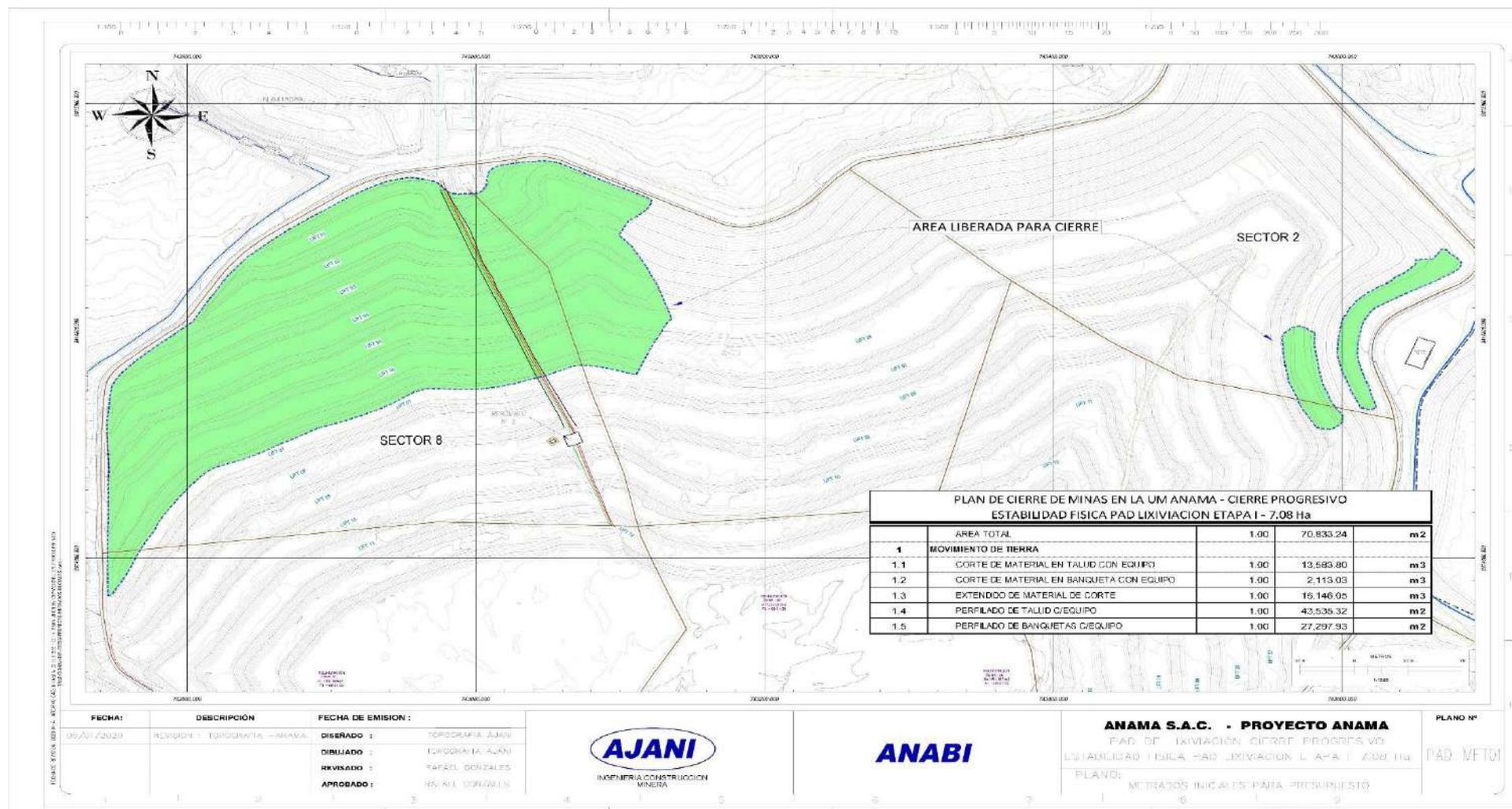


Figura 59 — Método tradicional (presupuesto pad de lixiviación 7.08 ha)

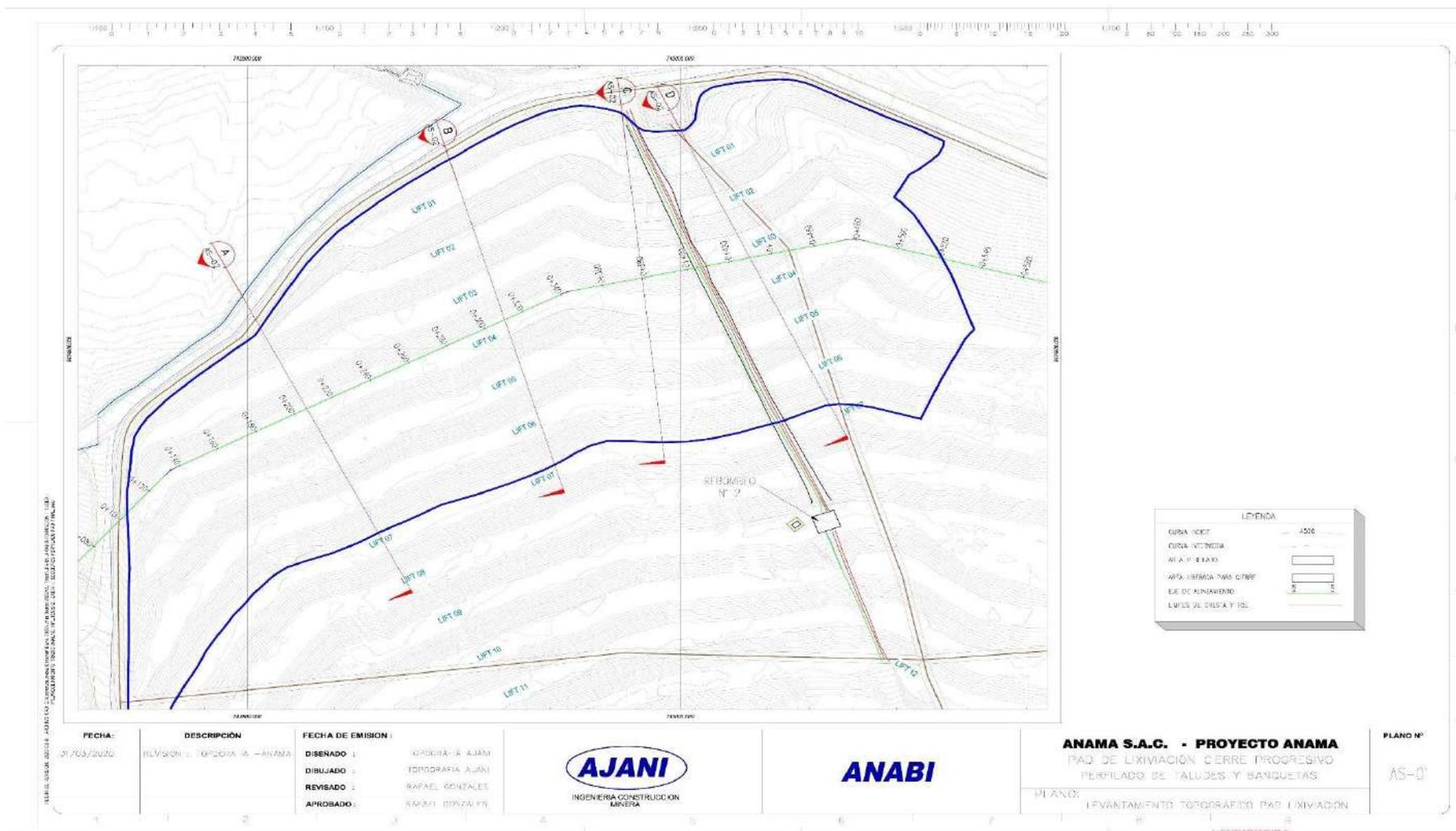


Figura 60 — Vista en planta de secciones método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

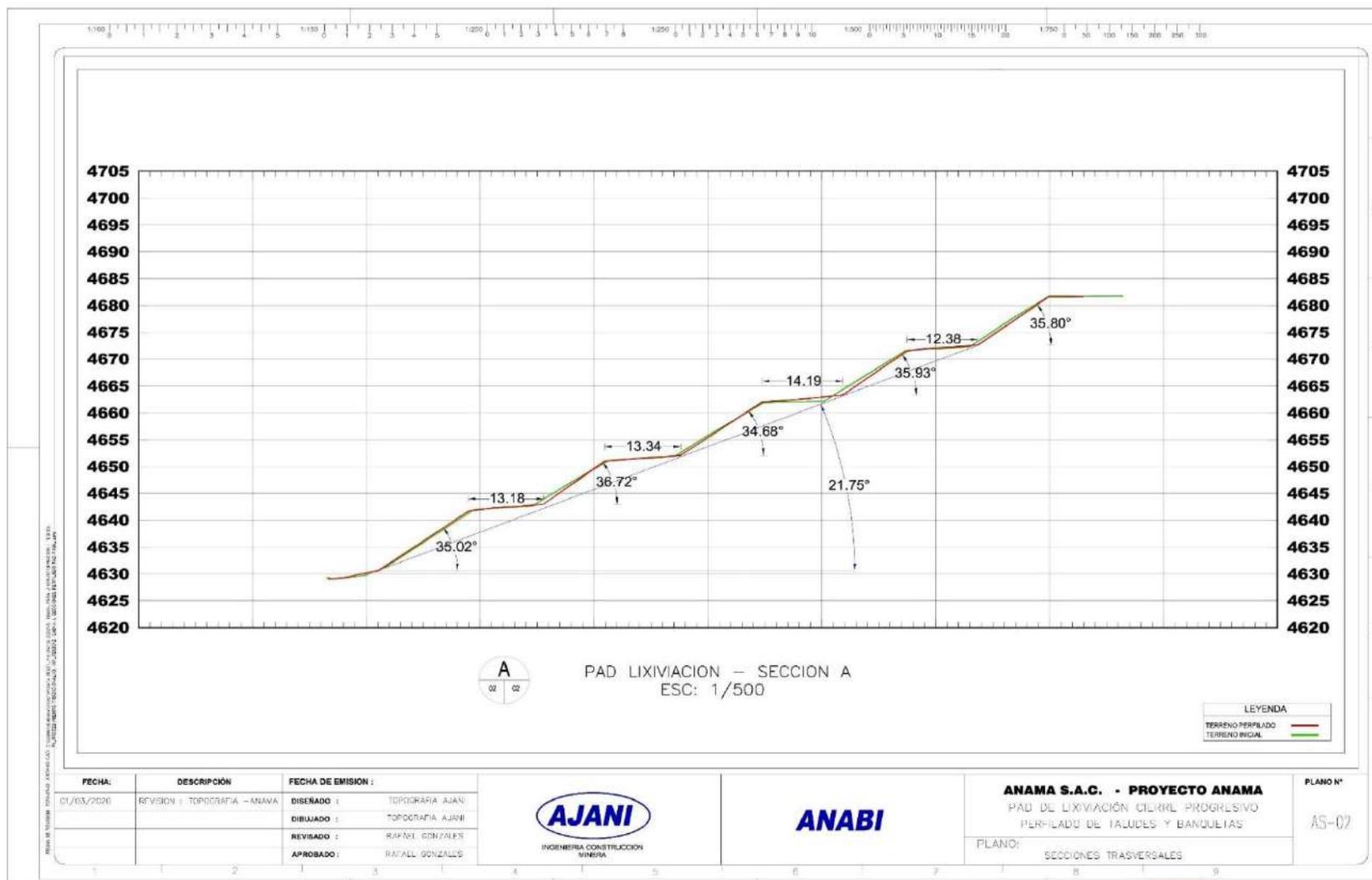


Figura 61 — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

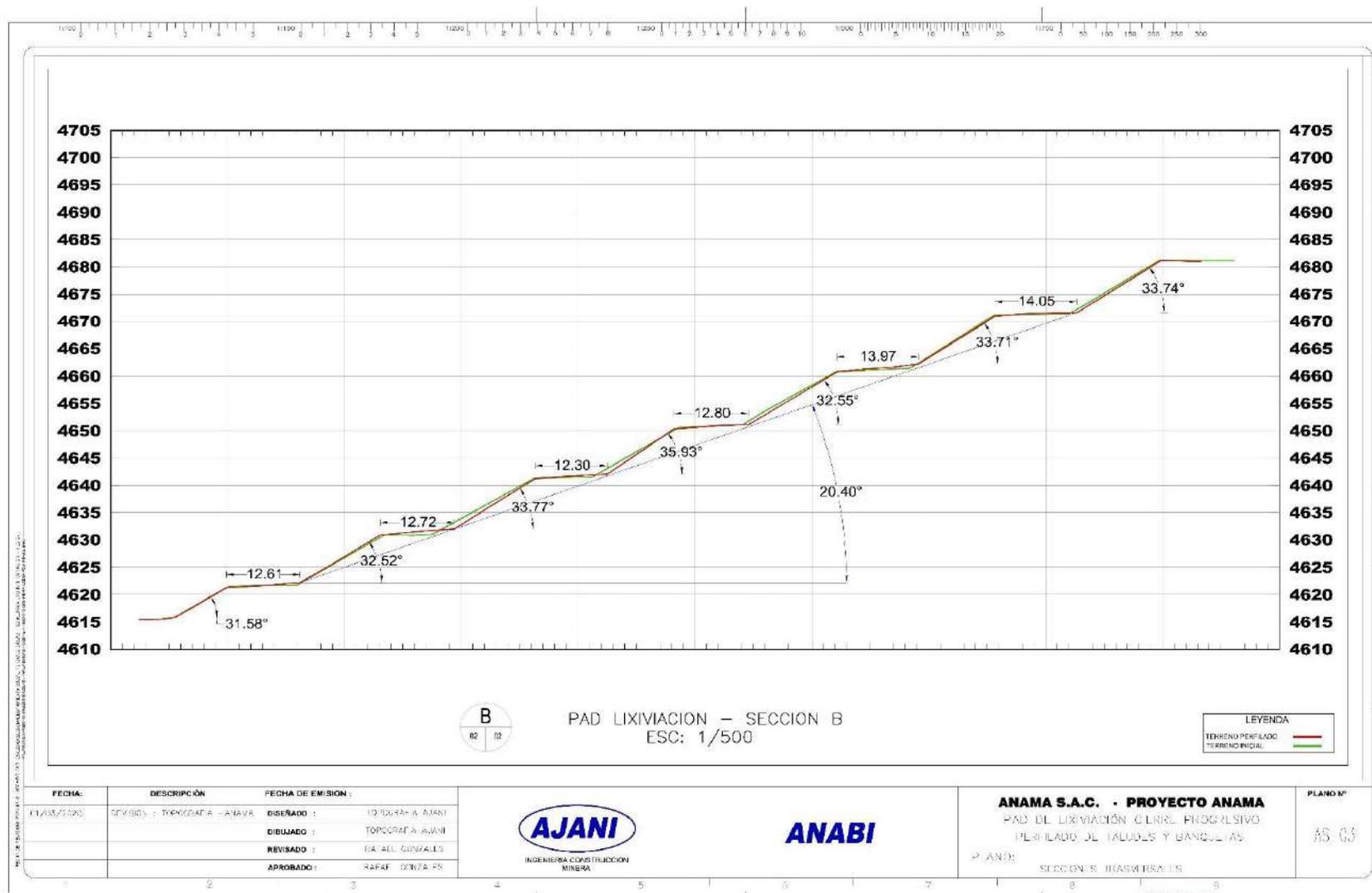


Figura 62 — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

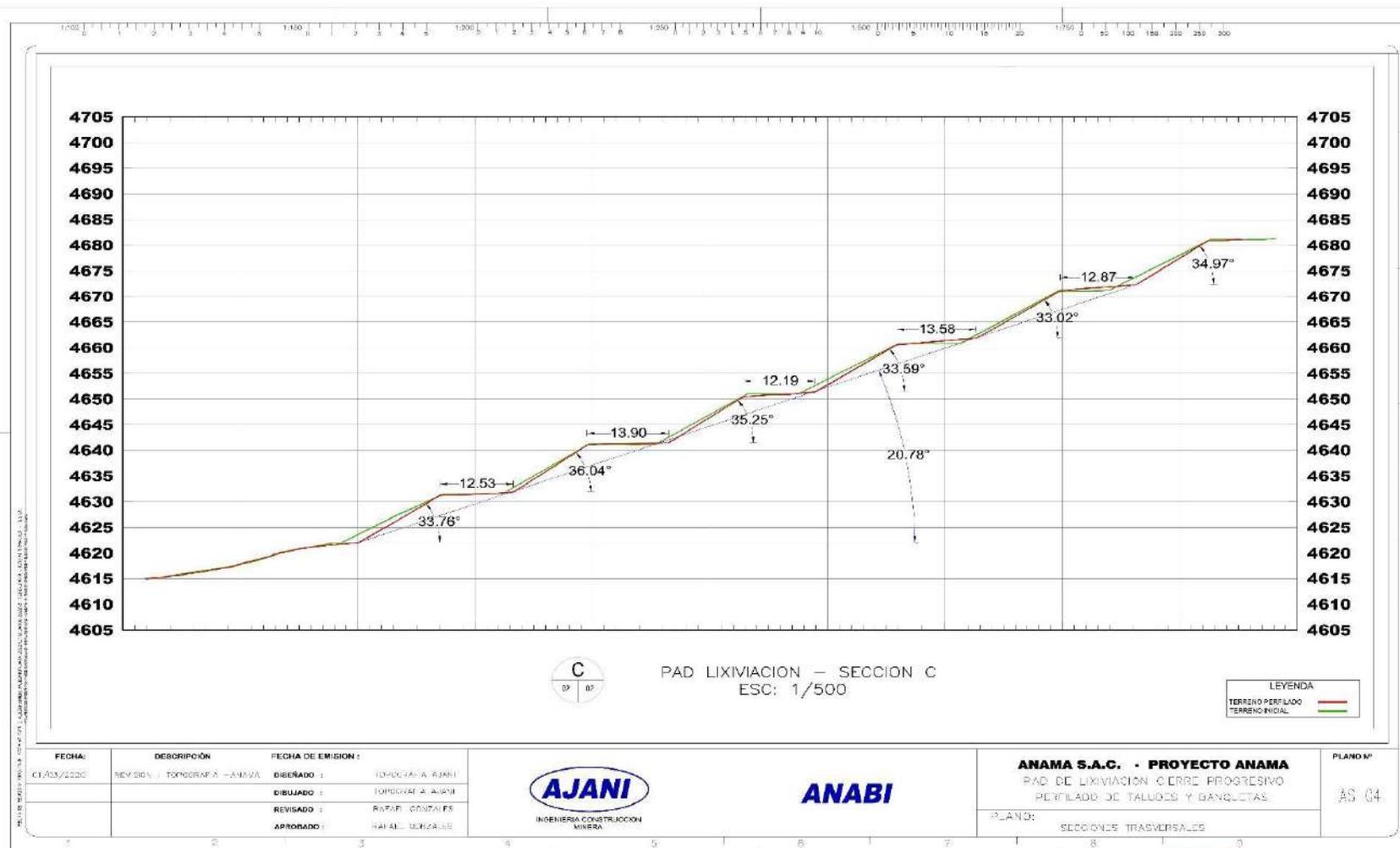


Figura 63 — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

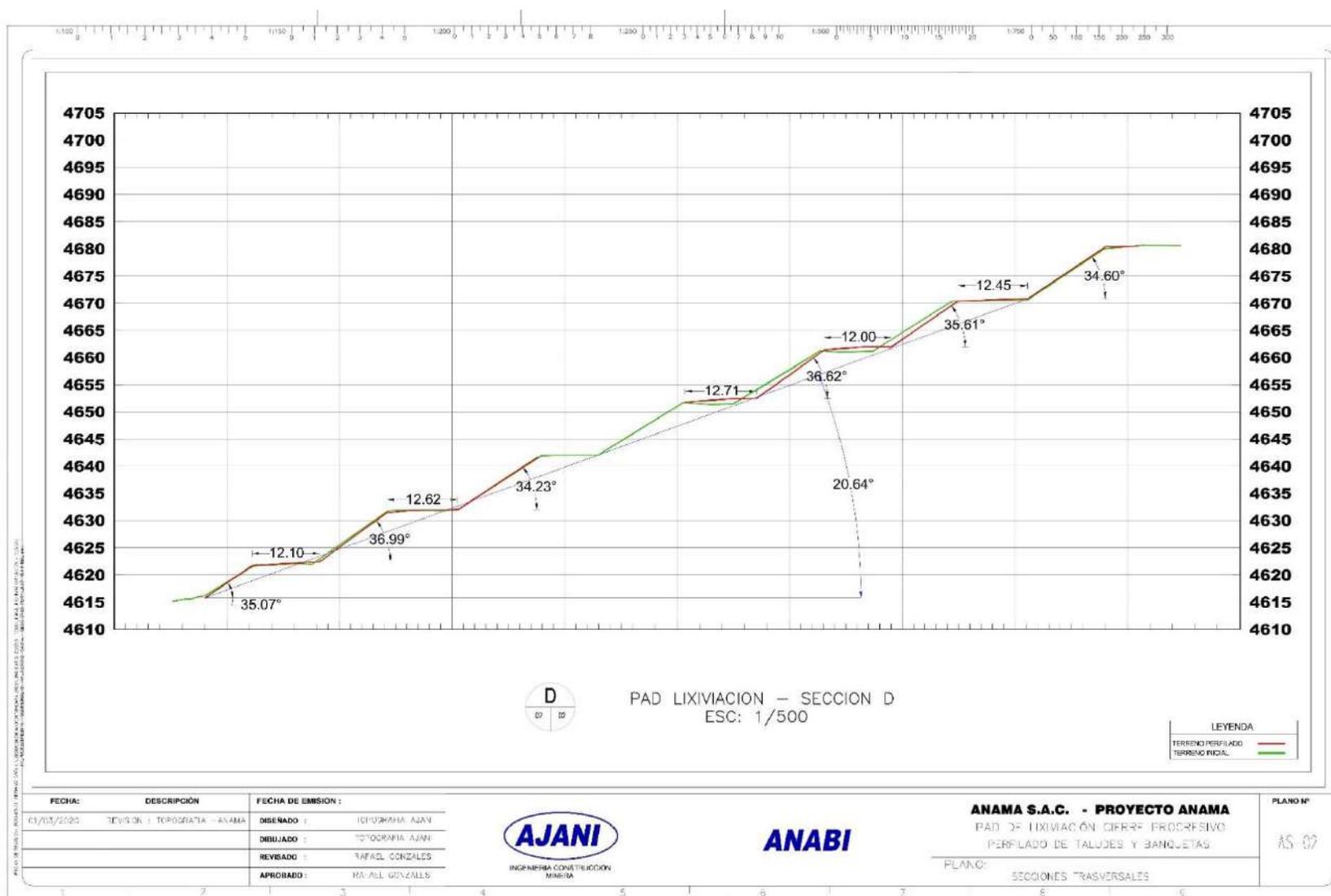


Figura 64 — Secciones de diseño método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

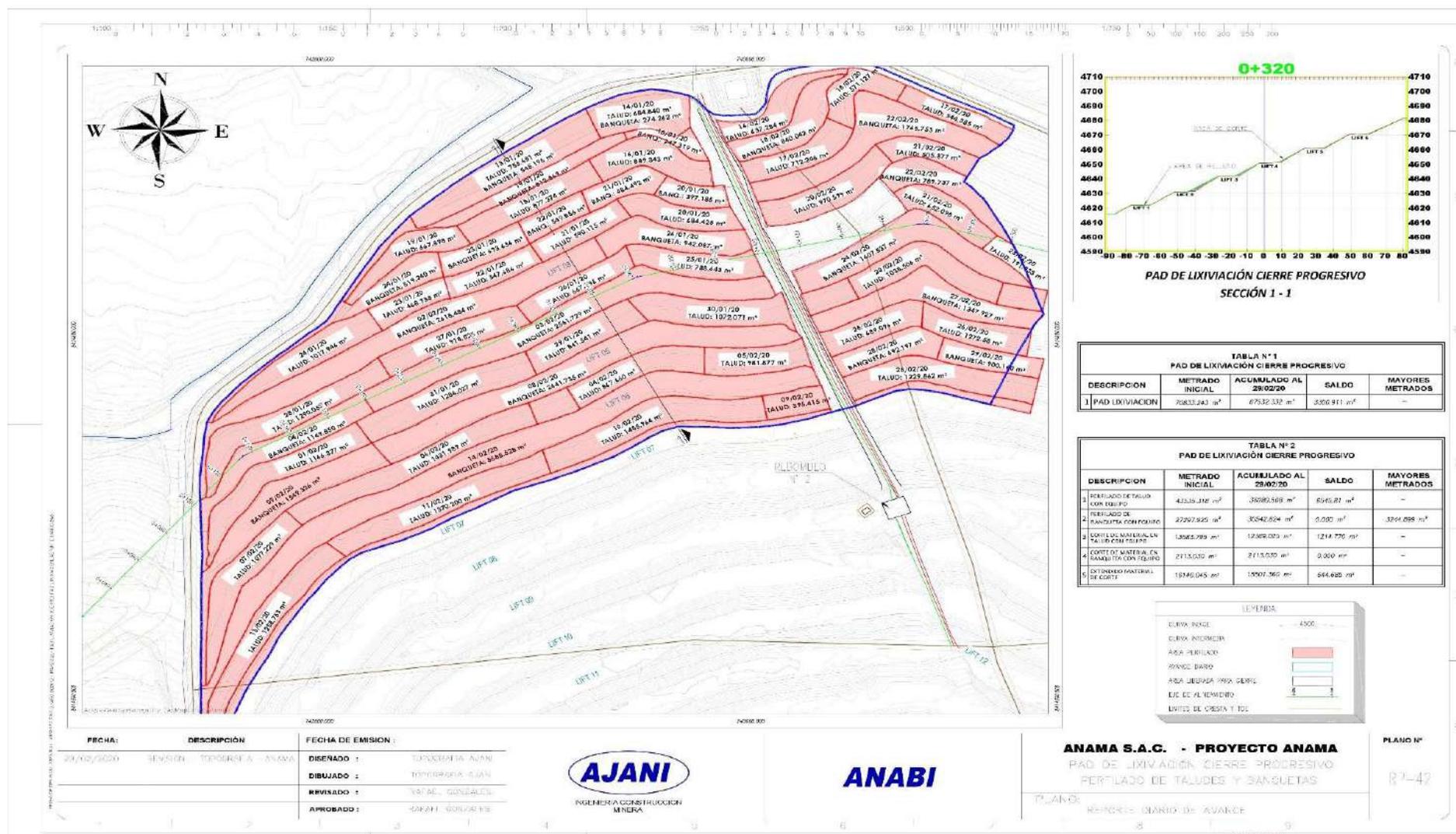


Figura 65 — Reporte Diario método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

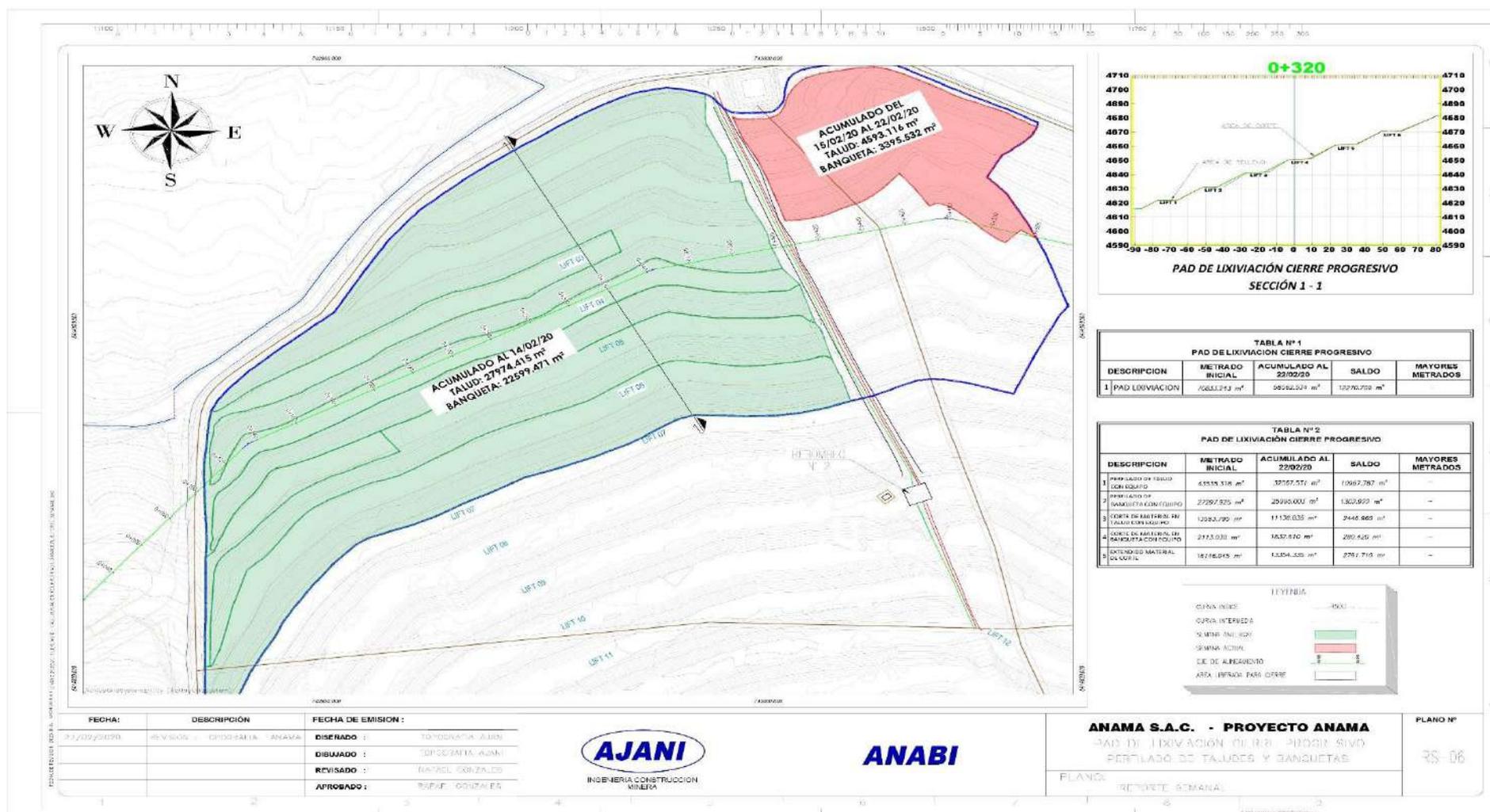


Figura 66 — Reporte Semanal método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

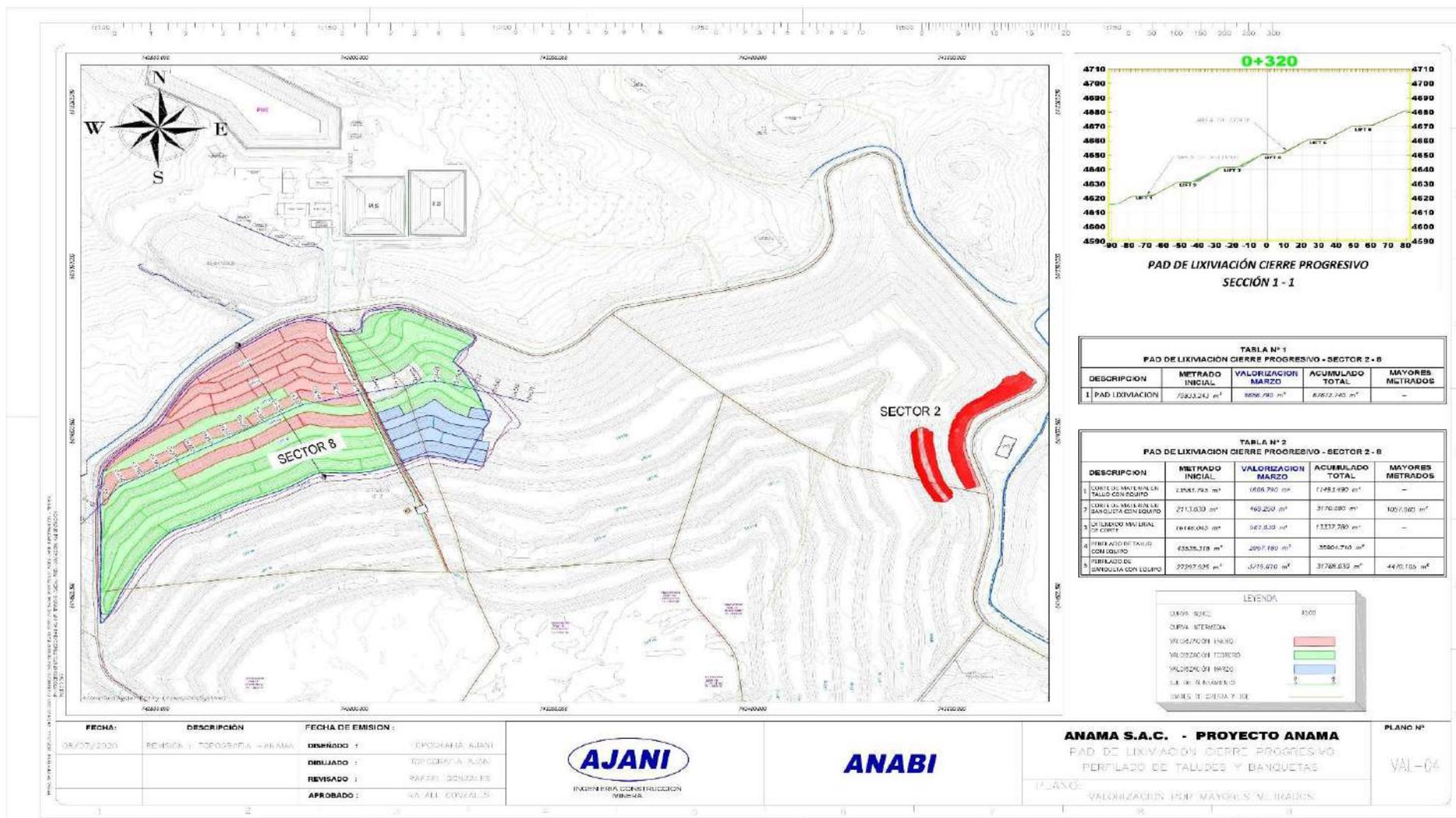


Figura 67 — Valorización método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

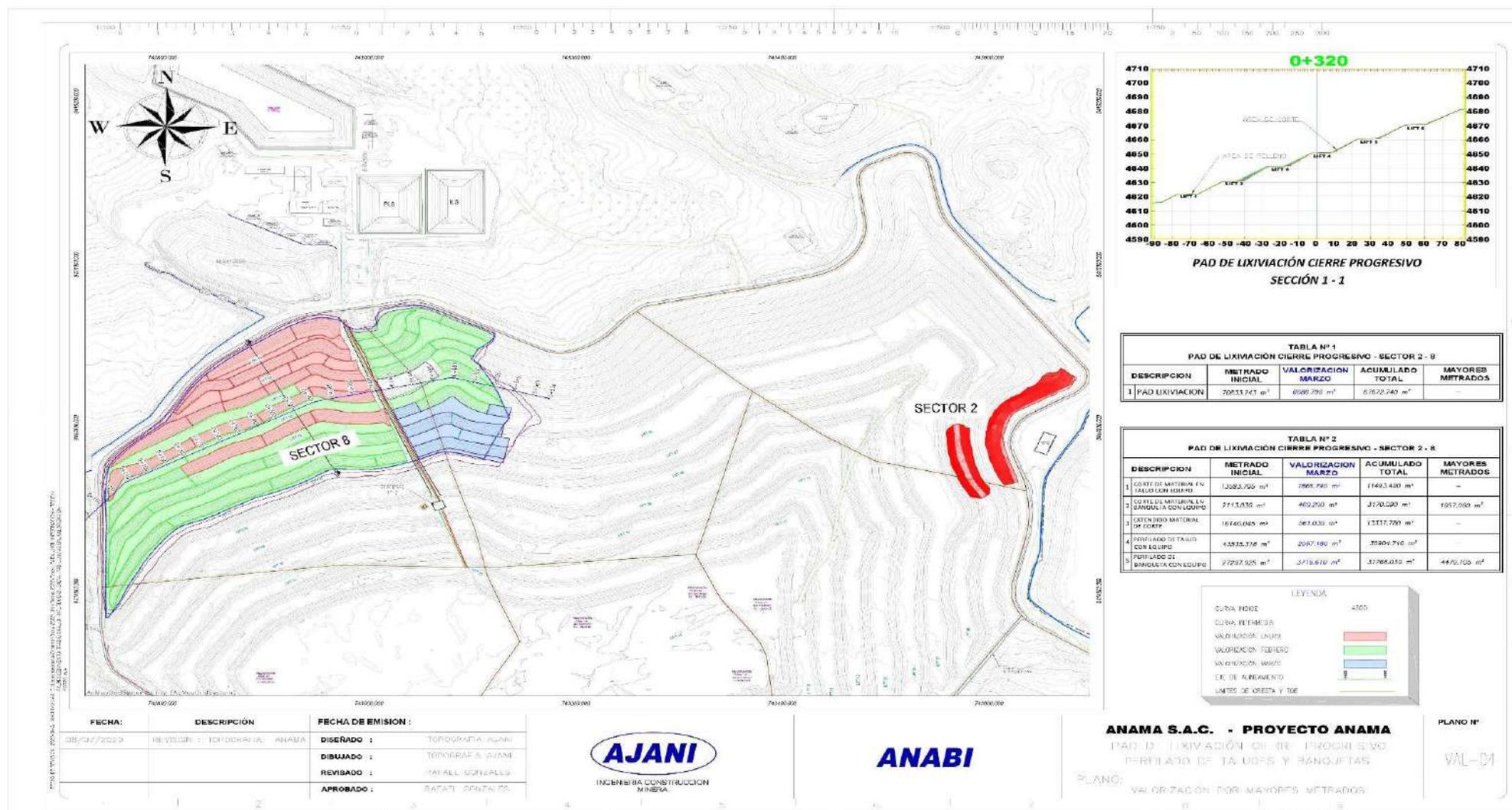


Figura 68 — Valorización adicional por mayores metrados método tradicional pad de lixiviación 7.08 ha

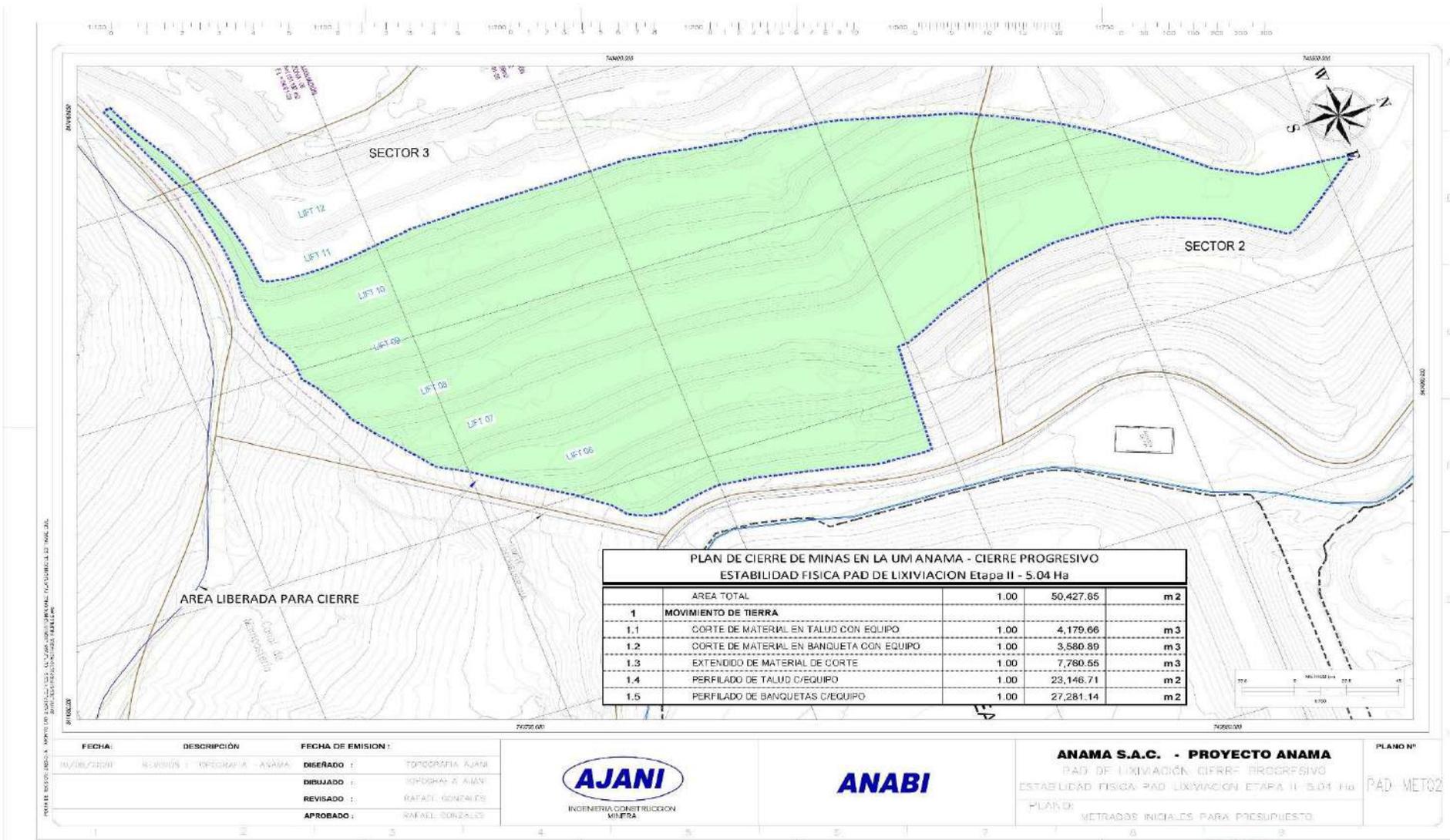


Figura 69 — Aplicando el software civil 3D (presupuesto pad de lixivación 5.04 ha)

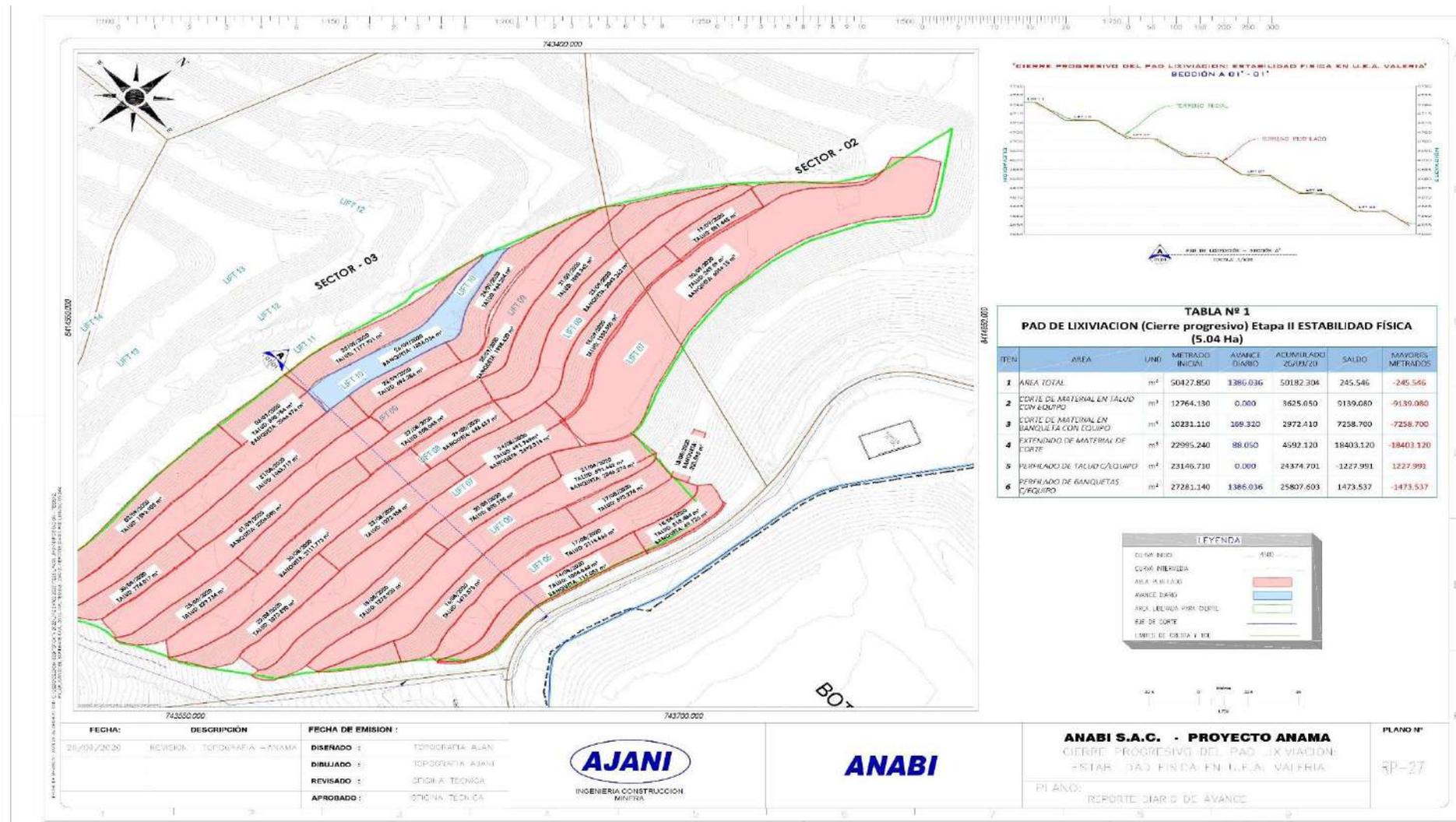


Figura 70 — Reporte diario aplicando el software civil 3D pad de lixiviación 5.04 ha

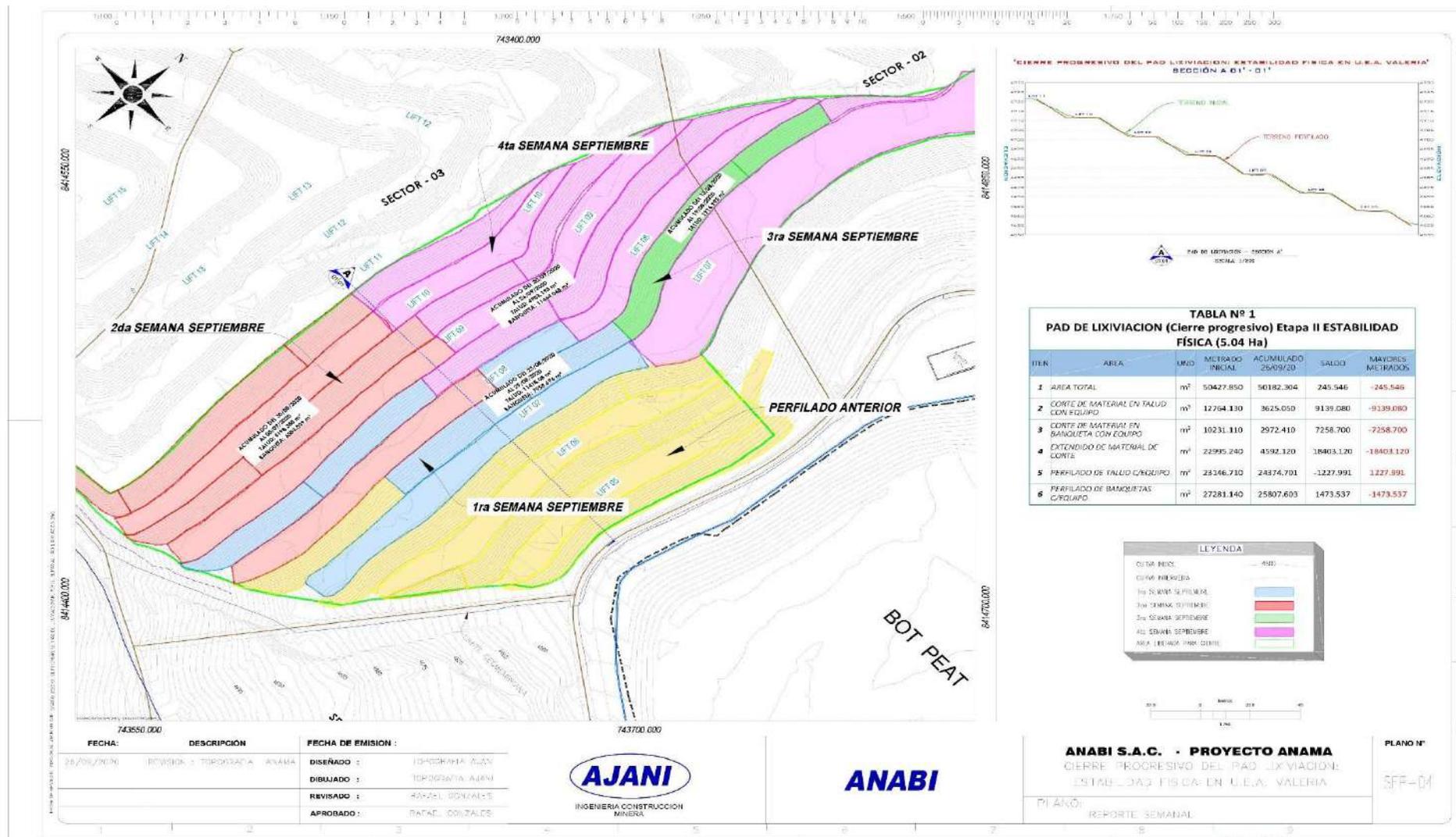


Figura 71 — Reporte semanal aplicando el software civil 3D pad de lixiviación 5.04 ha

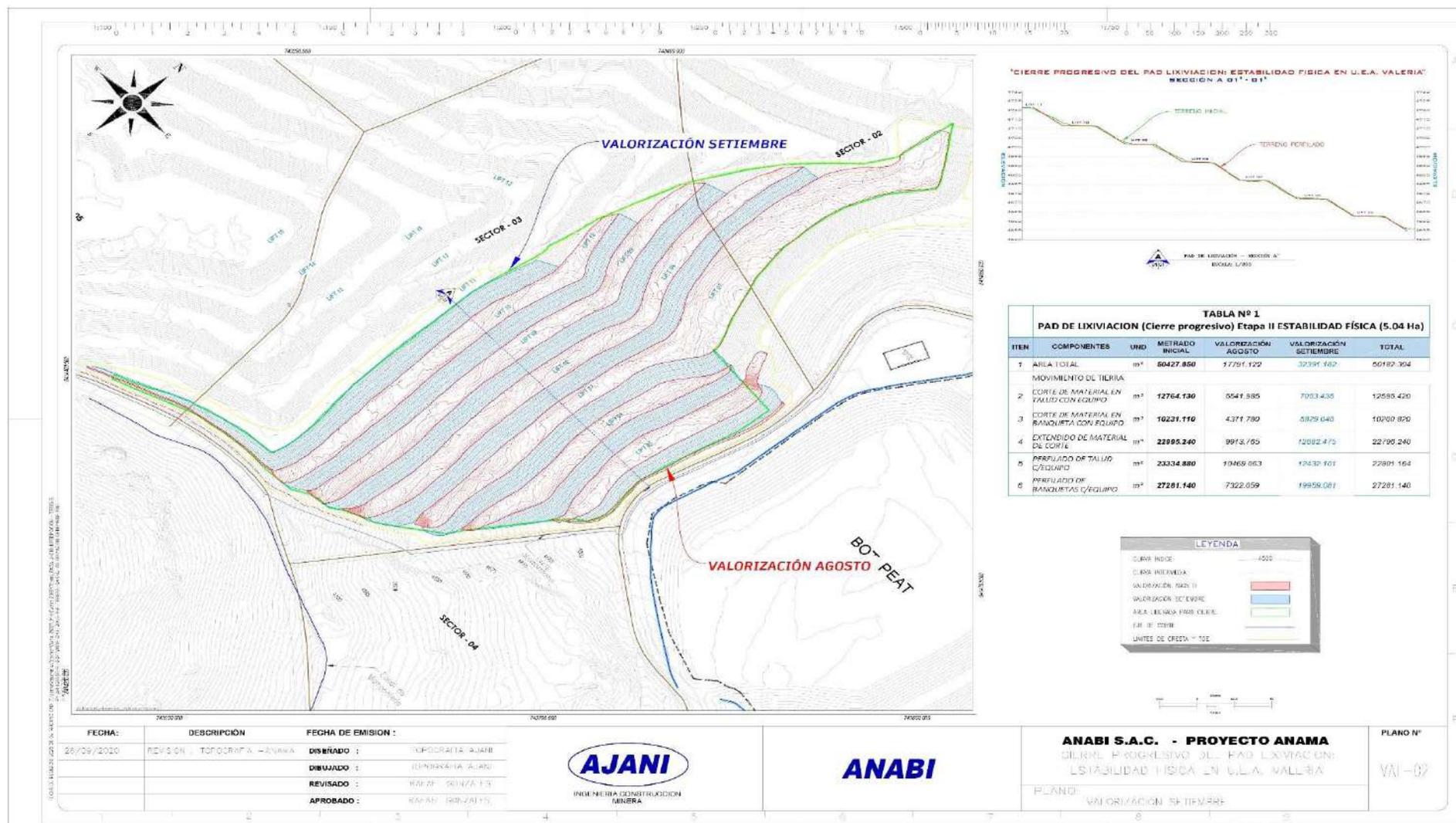


Figura 72 — Valorización final aplicando el software 3D pad de lixivación 5.04 Ha