

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

## FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS



### INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

**“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN METALÚRGICA  
MEDIANTE EL PROCESO DE CHANCADO EN EL TAJO JESSICA  
PERIODO 2013-2014”**

**PRESENTADO POR:**

**JUAN CARLOS LUQUE VALDEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**Puno – Perú**

**2014**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN METALÚRGICA

MEDIANTE EL PROCESO DE CHANCADO EN EL TAJO

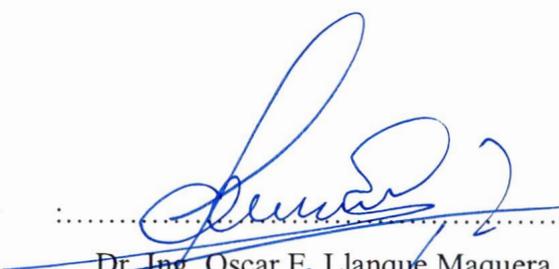
JESSICA PERIODO 2013-2014”

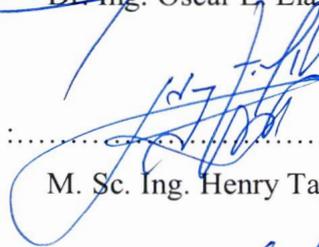
PRESENTADO POR

**Bach. JUAN CARLOS LUQUE VALDEZ**

A la Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, como requisito para optar el título de Ingeniero de Minas.

APROBADO:

**PRESIDENTE DEL JURADO** :.....  
  
 Dr. Ing. Oscar E. Llanque Maquera

**PRIMER MIEMBRO** :.....  
  
 M. Sc. Ing. Henry Tapia Valencia

**SEGUNDO MIEMBRO** :.....  
  
 Ing. Arturo R. Chayña Rodríguez

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Servicios auxiliares requeridos en operaciones mineras.

## DEDICATORIA

*A Dios padre todo poderoso,  
simiente divina que habita en nuestro fuero íntimo,  
por haberme tocado el corazón: que sería de mí si  
no me hubiera alcanzado.*

*Con acendrada devoción y justo orgullo dedico  
este esfuerzo a mis Padres don ISAURO y doña  
EUGENIA, quienes con su paciencia, con sus sabios  
consejos y por su gran esfuerzo forjaron a su hijo, que  
hizo posible el logro de mi noble profesión*

*A mis hermanos Luz Marina, Juan Y  
Leucadia, amigos y a todas las personas que  
contribuyeron en mi formación.*

*Con afecto,*

*Juan Carlos*

## AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento y reconocimiento a todo el personal técnico y plana de profesionales de Cía. Minera Aruntani S.A.C., la Unidad Acumulación Andrés – Tajo Jessica, quienes vienen haciendo minería de una manera responsable a la vanguardia de los avances tecnológicos, gracias por apostar por los profesionales jóvenes, formándolos, capacitándolos y haciéndolos crecer como persona y profesionales.

A la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, a los docentes de la facultad, quienes vienen haciendo un trabajo desmedido en bien del engrandecimiento de la Carrera, a los docentes que nos dejaron, de quienes guardamos los más gratos recuerdos, a todos ellos gracias.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>4</b>
<b>PRIMERA PARTE.....</b>	<b>9</b>
<b>  REPORTE DE EXPERIENCIA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL.....</b>	<b>9</b>
<b>  RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>SEGUNDA PARTE .....</b>	<b>13</b>
<b>  CAPÍTULO I.....</b>	<b>13</b>
<b>  ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>13</b>
<b>  1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
<b>  1.2 OBJETIVOS DE LA EMPRESA.....</b>	<b>14</b>
<b>  1.3 GENERALIDADES.....</b>	<b>14</b>
1.3.1 UBICACIÓN .....	14
1.3.2 ACCESIBILIDAD .....	15
1.3.3 HISTORIA.....	17
1.3.4 CLIMA Y VEGETACIÓN .....	17
1.3.5 GEOMORFOLOGÍA .....	17
1.3.6 RECURSO HÍDRICO .....	18
1.3.7 FLORA Y FAUNA .....	18
<b>  CAPÍTULO II.....</b>	<b>20</b>
<b>  GEOLOGÍA Y OPERACIÓN DE MINADO ACTUAL .....</b>	<b>20</b>
<b>  2.1 GEOLOGÍA GENERAL .....</b>	<b>20</b>
<b>  2.2 GEOLOGÍA REGIONAL .....</b>	<b>20</b>
2.2.1 GRUPO TACAZA .....	20
2.2.2 GRUPO PALCA.....	21
2.2.3 GRUPO SILLAPACA .....	21
2.2.4 DEPÓSITOS FLUVIOGLACIARES .....	21
<b>  2.3 GEOLOGÍA LOCAL.....</b>	<b>22</b>
2.3.1 GRUPO PALCA.....	22
2.3.2 GRUPO SILLAPACA: .....	24
<b>  2.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>25</b>
<b>  2.5 GEOLOGÍA ECONÓMICA.....</b>	<b>26</b>
2.5.1 LITOLOGÍA .....	26
2.5.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	26
<b>  2.6 ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN.....</b>	<b>27</b>
2.6.1 ALTERACIONES.....	27
2.6.2 MINERALIZACIÓN .....	31
2.6.3 TIPOS DE BRECHAS .....	32
<b>  2.7 OPERACIONES MINA.....</b>	<b>34</b>
2.7.1 DESCRIPCIÓN DEL TAJO ABIERTO. ....	34
2.7.2 PERFORACIÓN .....	35
2.7.3 VOLADURA .....	36
2.7.4 CARGUÍO Y ACARREO .....	37
2.7.5 PAD DE LIXIVIACIÓN .....	38
2.7.6 INSUMOS A UTILIZAR EN PLANTA MERRILL-CROWE .....	40
<b>  2.8 PLANTA MERRILL-CROWE .....</b>	<b>41</b>
2.8.1 CLARIFICACIÓN .....	41
2.8.2 DESAEREACIÓN .....	42
2.8.3 PRECIPITACIÓN.....	43
2.8.4 RECUPERACIÓN DE PRECIPITADO.....	44
2.8.5 SISTEMA DE BOMBEO DE SOLUCIONES AL PAD .....	46

2.8.6	SOLUCIÓN TRATADA EN PLANTA MERRILL-CROWE .....	46
2.8.7	SOLUCIÓN RECIRCULANTE .....	46
2.8.8	PRODUCTO FINAL.....	46
<b>2.9</b>	<b>FUNDICIÓN .....</b>	<b>46</b>
	<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>47</b>
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL OBJETIVO ....</b>	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE CHANCADO AL PROCESO.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2</b>	<b>PROCESO DE CHANCADO .....</b>	<b>47</b>
3.2.1	CHANCADO PRIMARIO. ....	48
3.2.2	CHANCADO SECUNDARIO. ....	50
3.2.3	FAJA TRANSPORTADORA, PLANTA DE CAL Y EDIFICIO DE FINOS. ....	51
<b>3.3</b>	<b>CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN CHANCADORA. ....</b>	<b>51</b>
3.3.1	ÁREA – 1000 CHANCADO PRIMARIO. ....	52
3.3.2	ÁREA – 2000 CHANCADO SECUNDARIO. ....	56
3.3.3	ÁREA – 3000 OVERLAND CONVEYOR Y TOLVA DE FINOS. ....	60
<b>3.4</b>	<b>EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE CHANCADO.....</b>	<b>64</b>
3.5	RESULTADOS DEL PROCESO DE CHANCADO .....	65
3.6	BENEFICIOS DEL PROCESO DE CHANCADO .....	66
3.5	COSTO - BENEFICIO. ....	66
<b>3.6</b>	<b>COMPARACIÓN MINERAL ROM – CHANCADO.....</b>	<b>68</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## Tablas

Tabla 1 Resumen de tres años de experiencia .....	9
Tabla 2 Accesibilidad Arequipa – Mina .....	15
Tabla 3 Accesibilidad Juliaca – Mina .....	15
Tabla 4 Litoestratigrafía regional .....	20
Tabla 5 Resultados de la chancadora año 2013 .....	63
Tabla 6 Análisis granulométrico <i>pad</i> de lixiviación .....	64
Tabla 7 Balance de reservas Jessica 2013 .....	66
Tabla 8 Comparación con y sin chancadora.....	67
Tabla 9 Comparación por incremento de gastos en chancado .....	68
Tabla 10 Comparación de recuperación Jessica 2013 – 2014.....	69

## Figuras

Figura 1 Ubicación del tajo Jessica.....	14
Figura 2 Pueblos cercanos al tajo Jessica.....	16
Figura 3 Geología regional de proyecto Jessica. ....	21
Figura 4 Columna estratigráfica local.....	23
Figura 5 Lineamientos estructurales y anomalías geofísicas de la zona.....	25
Figura 6 Control estructural de Jessica tendencia E-W - N70°E.....	26
Figura 7 Talud con intenso craquelamiento y oxidación .....	28
Figura 8 Litológica del área de Jessica .....	29
Figura 9 Alteraciones del proyecto Jessica .....	30
Figura 10 Abundante jarosita impregnada sobre roca silicificada – alunita .....	31
Figura 11 Tipos de brechas .....	33
Figura 12 Perforadoras DM45 .....	35
Figura 13 Voladura .....	36
Figura 14 Carguío de taladros con heavy ANFO .....	37
Figura 15 Carguío y acarreo .....	38
Figura 16 Pad de lixiviación y planta Merrill-Crowe.....	39
Figura 17 Zona de filtros clarificadores de la planta Merrill Crowe .....	41
Figura 18 Torre de vacío.....	42
Figura 19 Equipo de precipitación.....	43
Figura 20 Equipo de recuperación de precipitados.....	44
Figura 21 Tanques de solución tratada planta Merrill--Crowe .....	45
Figura 22 Circuito de chancado .....	48
Figura 23 Análisis granulométrico de las mallas de la chancadora.....	66

## PRIMERA PARTE

### REPORTE DE EXPERIENCIA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL

**Fecha de obtención del bachiller: 15/02/2008**

Tiempo de Experiencia: Vengo trabajando desde el 08 de enero del 2008 hasta la actualidad.

Empecé a laborar en esta empresa después de haber salido de la Universidad, participé de una convocatoria que hizo la empresa para la plaza de un practicante en Planeamiento, participamos tres personas de diferentes universidades, salí escogido por que tenía una fortaleza y era mis conocimientos en software minero en comparación de los demás participantes, desde allí empecé a combinar todo lo aprendido en la Universidad con las actividades propias de la empresa, para un buen control y análisis de datos, empecé tomando tiempos en cada una de las actividades de la operaciones unitarias(perforación, voladura, carguío, transporte y descarga), desde allí me di cuenta que no solo es necesario tener conocimiento de software sino además saber toda la actividad minera, vale decir como es el proceso de concepción, extracción y beneficio del yacimiento.

Después de los tres meses de práctica me renovaron como training en el área porque tenía muchas inquietudes que solo el tiempo y mi esfuerzo podría tal vez resolverlos, adquirí nuevas habilidades de análisis e interpretación de datos con respecto a la geología y el proceso de minado que me faltaba aun el proceso de tratamiento y beneficio ese fue mi objetivo en los seis meses siguientes, pasó el tiempo por los logros y esfuerzos me promovieron a asistente del área de planeamiento asumí más responsabilidades, ya era el responsable de la elaboración, implementación y seguimiento de los planes de minado anuales y mensuales ver Tabla 01.

**Tabla 1 Resumen de tres años de experiencia**

Desde	Hasta	Características de desempeño	Tiempo en meses
09/01/2008	30/11/2008	Training de planeamiento	11
01/12/2008	31/12/2011	Asistente de planeamiento	25
Tiempo total en meses			36
Tiempo total en años			3

**Fuente:** Elaboración propia

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE EXPERIENCIA LABORAL

- 1.1 Centro de trabajo : Cía. Aruntani SAC  
U.E.A. Andrés - Puno
- Empleador : Cía. Aruntani S.A.C.
- Cargo desempeñado : Asistente de planeamiento
- Función desempeñada : Responsable en la elaboración, seguimiento y evaluación de los planes de minado.
- Periodo : Diciembre 2008 – Actualmente laborando
- 1.2 Centro de trabajo : Cía. Minera ARASI S.A.C.  
U.E.A. Andrés - Puno
- Empleador : Cía. Minera ARASI S.A.C.
- Cargo desempeñado : Training de Planeamiento

Función desempeñada : Responsable control de tiempos,  
cálculo de rendimientos cálculo de  
flotas y actualización de base de  
datos para la elaboración de planes  
de minado

Periodo : Enero 2008 – Noviembre 2008

## RESUMEN

El presente informe está organizado en dos partes; la primera consta del reporte de la experiencia laboral, la segunda del marco teórico, la descripción de la metodología utilizada, resultados, experiencias, soluciones teóricas y prácticas que a la vez consta de tres capítulos: planteamiento del problema, objetivos de la empresa, generalidades de la empresa y ubicación, entre otros son parte del Capítulo I, en el Capítulo II se describe los aspectos geológicos de la Mina Aruntani y también se detalla la operación de minado actual en las cuales se muestra con apoyo de imágenes, en el Capítulo III se describe la el proceso y metodología del funcionamiento de la chancadora además de los resultados que se tuvieron en el primer y segundo año de funcionamiento de esta chancadora. Minera Aruntani se dedica a la explotación de oro mediante el proceso de minado por *open pit* (tajo abierto) contemplando el procesamiento del mineral por el proceso de *leach pad* (lixiviación de pilas) y la planta de beneficio por el proceso de *Merril Crowe*. Es típico todo el proceso de minado explicado anteriormente, se aplique a yacimientos epitermales de alta sulfuración y solamente explotación de óxidos.

Las constantes pruebas de los productos empleados (pirotécnicos) en el proceso de perforación y voladura fueron insuficientes para poder lograr una muy buena fragmentación que permita tener resultados metalúrgicos favorables. La recuperación dependía mucho de la granulometría, de acuerdo a diversos análisis de mallas de mineral ROM se determinó que si obtenemos un 80% de mineral por debajo de la malla -1 ½” se obtendrá una recuperación de por lo menos 85 %. Razón por la cual minera Aruntani S.A.C ha determinado como uno de sus objetivos el mejorar la recuperación metalúrgica e incrementar sus reservas, para lo cual se construyó una planta de chancado que trate 20,000 TM/día.

## SEGUNDA PARTE

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES

##### 1.1 Definición del problema.

El problema radica en la voladura y la fragmentación de la roca los cuales generaron en su primera etapa la no eficacia de las mallas de perforación teniendo como resultado una fragmentación inadecuada para el procesamiento, el cual también llevó a tener problemas con el carguío y transporte al no poderse cumplir con los tonelajes requeridos por el sistema de recuperación. La necesidad de incrementar el porcentaje de recuperación del mineral en el proceso de lixiviación por lo menos un 5%, nos ha obligado a recalcular nuestro *cut off* y ver alternativas de incrementar las reservas de la Mina Aruntani.

Las reservas en el tajo Jessica se estimaron con una recuperación de 69 % el cual por problemas de la voladura y su resultado en la fragmentación generaron bajas en la recuperación, urge la necesidad de incrementar la recuperación a 75%.

## 1.2 Objetivos de la empresa

- Minera ARUNTANI S.A.C ha trazado como objetivo incrementar la recuperación metalúrgica en 5% dentro del proceso metalúrgico del tajo Jessica.
- Proponer tecnologías que permitan optimizar el proceso en general.
- Concretar cuán importante es implementar nuevos componentes en el proceso que permitan tener buenos beneficios.

## 1.3 Generalidades

### 1.3.1 Ubicación

El proyecto Jessica se encuentra ubicado en el distrito de Ocuveri, provincia de Lampa, departamento de Puno, como se muestra en la figura 01, aproximadamente a 800 km al SE de la ciudad de Lima y a una distancia de 90 km al NW de la ciudad de Juliaca en las partes altas de las microcuencas de los riachuelos Azufrini y Huarucani que son afluentes del río Chacapalca.

Las coordenadas UTM en el centro del yacimiento son: 8'312,938N y 304,095E.

Es accesible desde las ciudades de Juliaca y Arequipa. Figura 1.

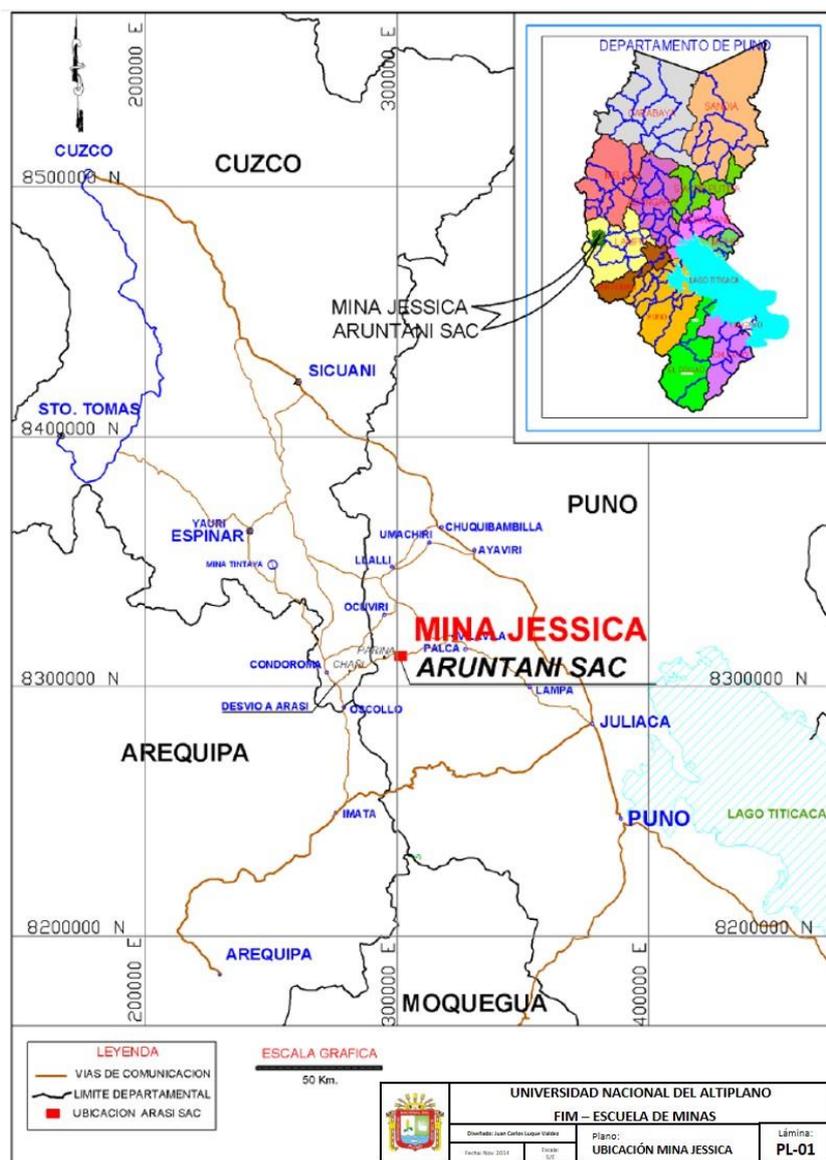


Figura 1 Ubicación del tajó Jessica

Fuente: Departamento de Geología-Mina Aruntani SAC

### 1.3.2 Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Lima es a través de las ciudades de Arequipa o Juliaca utilizando transporte aéreo o por carreteras asfaltadas (Tabla 02).

En su segundo tramo se tiene las distancias y tiempos desde la ciudad de Juliaca al proyecto como referencia no solo se describe en la Tabla 03, también mostramos la

Figura 02 con las distancias a los pueblos más cercanos gracias al aporte del Instituto Geográfico Nacional.

### Ruta Arequipa - Mina

**Tabla 2 Accesibilidad Arequipa – Mina**

TRAMO	DISTANCIA (km)	TIPO	TIEMPO (h)
Arequipa – Imata	145	Asfaltada	2.0
Imata – Carretera a Tintaya	50	Afirmada	1.0
Carretera a Tintaya - Arasi	46	Afirmada	1.0

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

### Ruta Juliaca

**Tabla 3 Accesibilidad Juliaca – Mina**

TRAMO	DISTANCIA (km)	TIPO	TIEMPO (h)
Juliaca – Lampa	33	Asfaltada	0.4
Lampa – Palca	35	Afirmada	0.6
Palca – Vila Vila	18	Afirmada	0.5
Vila Vila – Chivay	12	Afirmada	0.5
Chivay – Arasi	17	Trocha carrozable	0.5

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

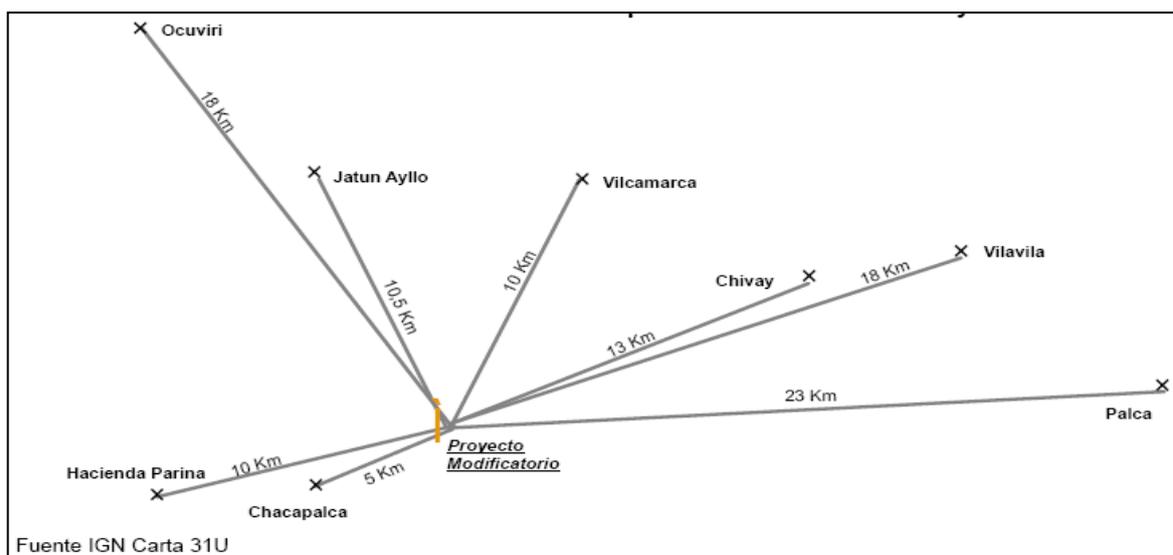


Figura 2. Pueblos cercanos al Tajo Jessica  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

### 1.3.3 Historia

El yacimiento Jessica de Cía. Minera Aruntani SAC, se ubica en distrito de Ocuvi, provincia de Lampa, departamento de Puno, entre los 4,500 y 5,200 msnm el cual pertenece a la Compañía *Anglo Gold Exploration*, la cual en el 2000 inicia la exploración geológica en la zona de trabajo. En el 2005, se firma un acuerdo de *joint venture* con Minera Aruntani, y a partir de la fecha, Minera Aruntani se hace cargo de los trabajos geológico-mineros.

De acuerdo a las características geológicas, mineralógicas y de alteración se ha determinado que son varios centros mineralizados, tales como los yacimientos de Valle, Carlos y Jessica, que corresponden a yacimientos epitermales diseminados de alta sulfuración.

En Jessica los recursos son óxidos con una ley promedio de 0.50 g/TM de Au, actualmente el yacimiento Jessica se halla en fase de explotación, mientras Valle y Carlos en etapa de cierre de mina.

El geólogo de mina diariamente revisa las características geológicas de los frentes de minado de mineral y desmonte, esta revisión se realiza mediante el control de los polígonos de minado. Para definir cuáles son las regiones de mineral y desmonte se realiza el cálculo de material volado limitado por el valor económico, características geológicas, granulométricas y/o alteración predominante. Los polígonos se clasifican en campo mediante banderines. El monitoreo continuo que realiza el geólogo sobre los materiales que se están minando es de gran importancia, pues la obligación es caracterizar los materiales de manera correcta y oportuna a fin de que sean enviados a los destinos que correspondan.

#### **1.3.4 Clima y vegetación**

El relieve presenta las características de abruptas pendientes y superficies onduladas, planicies superficiales más o menos horizontales. El clima es frígido con temperaturas que varían entre 6 a 20 °C, y mínimas por debajo de 0°C

La vegetación predominante consta de pajonal de Puna contrastada con suelos y un estrato de arbustos de distribución parchada y zonas de bofedales.

#### **1.3.5 Geomorfología**

El área de estudio se encuentra sobre tres unidades geomorfológicas:

- Zona de la meseta del Collao o Altiplano, desarrollada sobre los 3810 msnm.
- Fosa tectónica que ocupa el Lago Titicaca
- Zona de cumbres que flanquean la meseta, las mismas que se elevan hasta los 6384 msnm.

La evolución geomorfológica de la región está ligada al levantamiento andino, que expone rocas de la época del Mesozoico, la tectónica y la acción climática, esencialmente glacial, han contribuido a configurar la expresión topográfica actual. La Cordillera Occidental Volcánica se extiende desde el departamento de Tacna siguiendo los límites de los departamentos de Puno con Arequipa y Cusco, está formada por una sucesión de cadenas volcánicas separadas por valles y planicies alto andinas cubiertas por la vegetación de ichu y matorrales de páramo y tundra. Toda esta región está dominada por temperaturas muy bajas, fluctuando entre los 2°C y 0°C.

#### **1.3.6 Recurso hídrico**

La precipitación pluvial en la zona es marcadamente estacional, ocurriendo con mayor intensidad en forma de lluvias, nevadas y granizo entre los meses de diciembre a marzo.

#### **1.3.7 Flora y fauna**

La vegetación predominante consta de pajonal de Puna contrastada con suelos y un estrato de arbustos de distribución parchada y zonas de bofedales.

## CAPÍTULO II

### GEOLOGÍA Y OPERACIÓN DE MINADO ACTUAL

#### 2.1 Geología general

El yacimiento se sitúa en el grupo Sillapaca de época Miocénica, compuesta en la base por lavas andesíticas de color púrpura en bandas, le sigue un horizonte alterado de gran importancia por contener mineralización volcánica clástica denominado clástico Lamparasi.

#### 2.2 Geología regional

Según el mapa geológico a escala 1:100,000 elaborado por el INGEMMET, la zona de la mina se ubica dentro del grupo Sillapaca y Palca, que consiste de rocas volcánicas andesíticas a dacíticas. La litología infrayacente al grupo Palca corresponde al grupo Tacaza de época del Oligoceno a Mioceno y que aflora en la parte Oeste y Este del área.

##### 2.2.1 Grupo Tacaza

Son efusiones ígneas volcánicas a través de fisuras alineadas en el borde sur occidental del actual Lago Titicaca, dando lugar a extensos derrames y emplazamientos volcánicos. La litología que caracteriza a este grupo son las andesitas y andesitas traquíticas porfiríticas.

### 2.2.2 Grupo Palca

Son secuencias piroclásticas a sedimentarias que reposan discordante sobre el volcánico Tacaza, que forman superficies de plataforma disectada a una cota de aproximadamente 4600 msnm. En los alrededores de Palca y hacia el norte, los planos de juntas facilitan la erosión, formándose zanjas profundas que le otorgan a los afloramientos un aspecto de fracturamiento, produciéndose prominentes bordes en los costados de los valles.

### 2.2.3 Grupo Sillapaca

Secuencia de composición dacítica a traquiandesítica. Principalmente se muestran como cordilleras cubiertas de nieve con picos por encima de los 5000 msnm.

### 2.2.4 Depósitos fluvioglaciares

Cubriendo gran parte de la columna estratigráfica se emplazan los depósitos fluvioglaciares. Depósitos que se han formado por acción directa del intemperismo, erosión y deposición a partir de los glaciares y flujos de agua ver Tabla 04.

Tabla 4 Litoestratigrafía Regional

ERA	SISTEMA	EDAD	NOMBRE	SIMBOLO	DESCRIPCION
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	FLUVIAL	Qr-fl	Gravas, arenas, cantos
			Aluvial	Qr-al	Arcillas y arenas y clastos
			Bofedal	Qr-bo	Fangos, arcillas y turbas
			Morrenas	Qr-mo	Arcillas y bloques
	Terciario	Mioceno	Grupo Sillapaca	Ts-si	Lavas dacitas, andesíticas y traquiandesíticas rojas (600m de espesor)
			Grupo Palca	Ts-pa	Ingnimbritas
		Oligoceno	Grupo Tacasa	Ti-ta	Lavas andesíticas, lavas y tufos (400m de espesor)

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

Para mejor referencia se tiene el plano geológico regional de los proyectos aprobados por la empresa Aruntani SAC. Ver Figura 03.

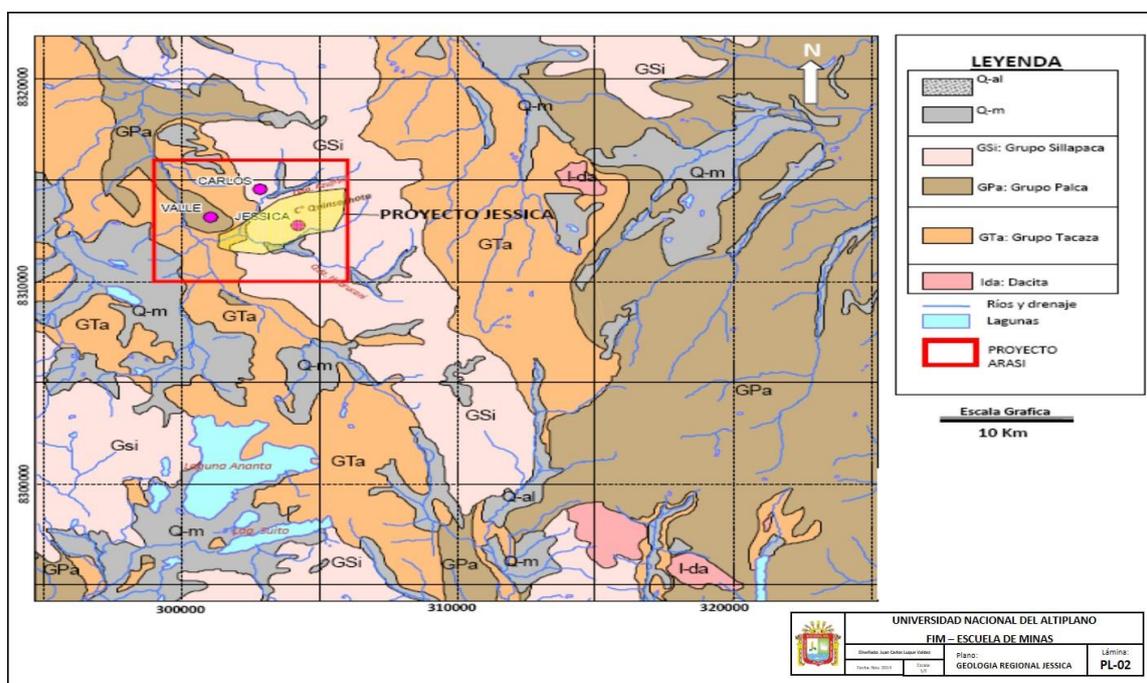


Figura 3 Geología Regional de proyecto Jessica.

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

### 2.3 Geología local

Según los estudios realizados se han diferenciado, de la base hacia arriba las siguientes unidades litológicas (Ver Figura 4).

#### 2.3.1 Grupo Palca

a) Ignimbrita Palca:

Es la base de toda la columna estratigráfica. Es una roca piroclástica que se caracteriza por presentar clastos polimícticos gruesos angulares,

dacíticos y andesíticos, débilmente silicificada y con presencia de biotita y fenos de plagiocasas.

b) Clásticos finos Palca:

Material clástico que se caracteriza por presentar líticos de tamaño fino a medio. Su coloración es marrón rojizo y generalmente se le encuentra fresco. Tiene un espesor promedio de unos 15 m.

c) Andesita Palca:

Es una secuencia delgada, afanítica, de coloración gris oscuro que se caracteriza por presentar vesículas orientadas de hasta 5 cm de longitud y también fenos de plagioclasas prismáticas.

d) Clásticos Chacapalca:

Material volcanoclástico re trabajado. Se caracteriza por presentar clastos subredondeados color verdoso. Se observa esta secuencia al Oeste del Cerro Quimsachota. Su espesor varía de 50 a 150 m.

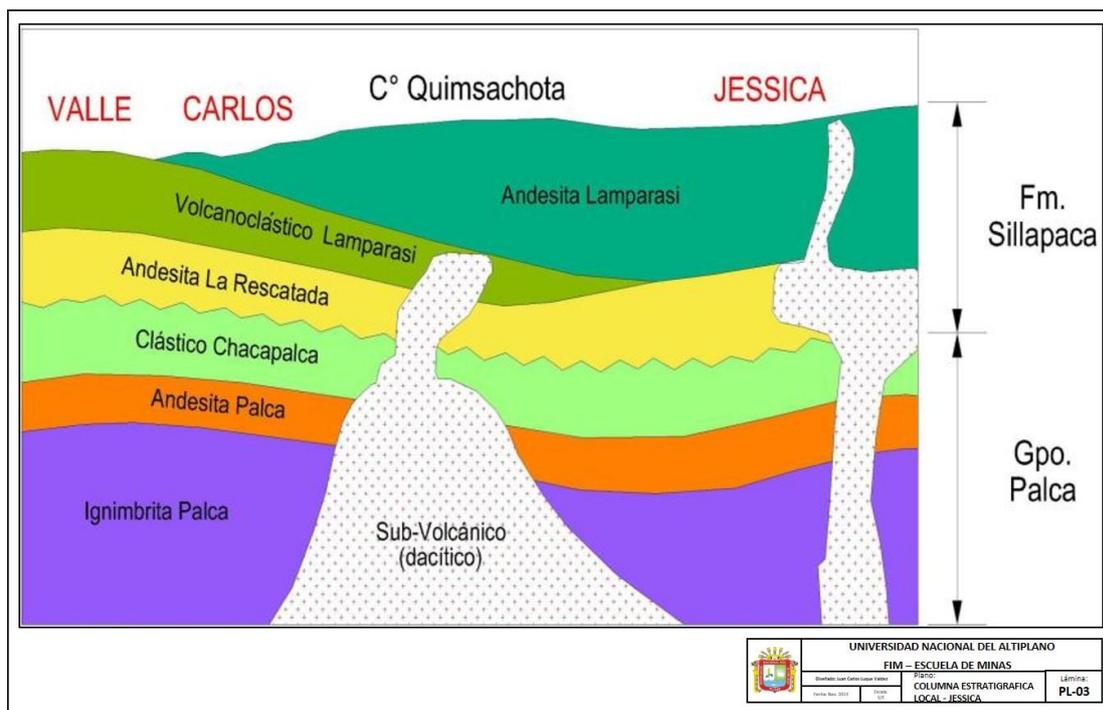


Figura 4 Columna estratigráfica local

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

### 2.3.2. Grupo Sillapaca:

- a) **Volcanoclásticos La Rescatada:** Secuencia delgada de material clástico fino bandeado con presencia de pirita, orientadas según bandeamiento de la roca.
- b) **Andesita La Rescatada:** Se caracteriza por presentar flujos en bandas, textura vesicular, plagioclasas orientadas y presentar coloración marrón rojiza. El espesor en Jessica llega en promedio hasta los 40 m.
- c) **Volcanoclásticos Lamparasi:** Esta sub-unidad presenta niveles clásticos intercalados con niveles de tufos; brechas muy locales se aprecian en este horizonte. Este nivel se encuentra alterado en Jessica y presenta espesores de hasta 100 m.

- d) **Andesita Lamparasi:** Es una gruesa secuencia andesítica de textura vesicular que no presenta flujos en bandas. Se observan fenos de plagioclasas que gradan a granos gruesos al tope. Este nivel puede llegar a tener 300 m de espesor y se ubica sobre los 4,900 m de altura. Se observa al centro del yacimiento Jessica.

## 2.4 Geología estructural

Estructuralmente la región se ve afectada por formaciones plegadas y levantadas que siguen un alineamiento general andino NW-SE. El rasgo estructural más importante en la región lo constituye el alineamiento volcánico del Tacaza- Sillapaca Este, cuya configuración al parecer fue y está controlado por sistemas de fallas de dirección NE-SE (Ver Figura 05), además se puede observar en la figura los niveles de resistividad empezado del color azul que nos indica baja resistividad, amarillo resistividad media y magenta alta resistividad (indicativo de rocas favorables para la mineralización)

Otras estructuras reconocidas corresponden mayormente a alineamientos de falla de rumbo dominante NE-SW, conjuntamente con otros sistemas NW-SE. Aparentemente algunas de estas estructuras, guarda relación con los procesos de alteración y mineralización del área.

Las brechas hidrotermales están emplazadas en el corredor estructural NW, con rumbos que van desde  $N60^{\circ}-70^{\circ}E$  y buzamientos de  $70^{\circ}-80^{\circ}$  al NW y NS en la zona central del área y tienen extensiones al Norte.

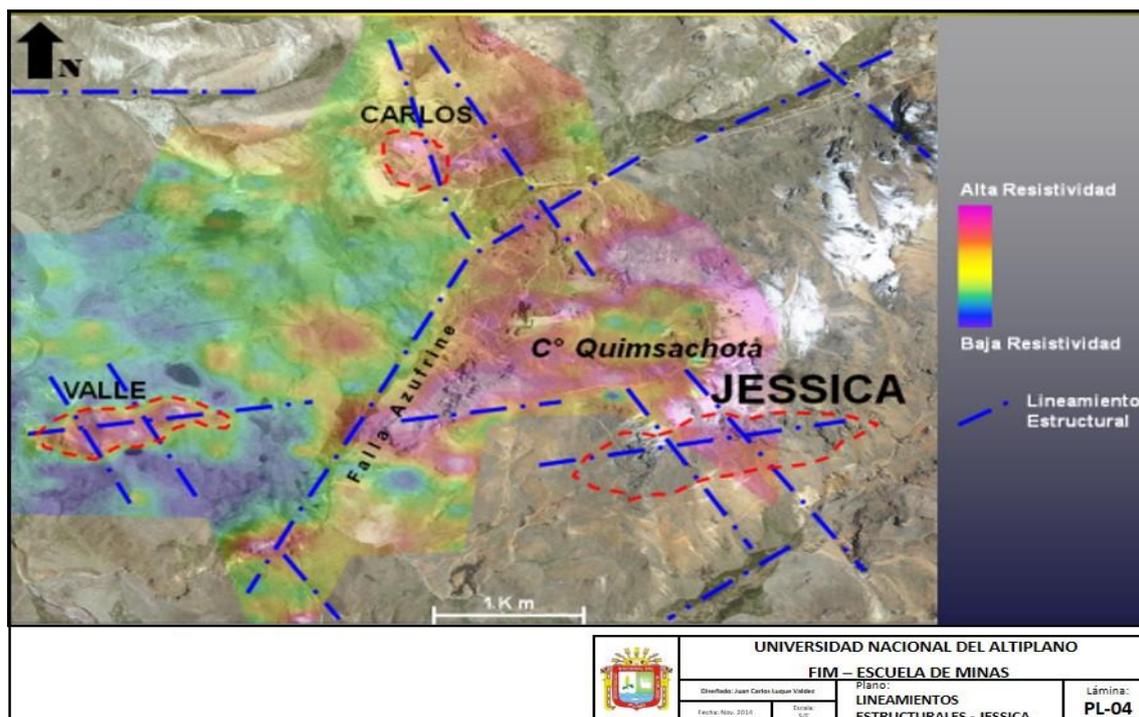


Figura 5 Lineamientos estructurales y anomalías geofísicas de la zona

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

## 2.5 Geología económica

### 2.5.1 Litología

En el yacimiento Jessica, se tiene afloramientos principalmente de lavas andesíticas y tobas de textura fina, el fracturamiento que se observa en los taladros, se pudo haber originado por la intrusión de un cuerpo subvolcánico félsico sobre la lava andesítica anterior a la mineralización, este fracturamiento sirvió para el ascenso de fluidos hidrotermales, brechas y recirculación de aguas meteóricas. Posterior a ello ocurren otras brechas hidrotermales y crackel y morrenas debido a eventos de desglaciación del Cuaternario.

### 2.5.2 Geología estructural

Los fallamientos de tendencia E-W determinan la elongación del cuerpo mineralizado, principalmente dominado por estructuras N70° E, trasandino, cortando a estructuras N30° W, paralelas al rumbo andino (líneas punteadas azules). Figura 06 se observa que la elongación del cuerpo mineralizado en Jessica coincide con el lineamiento estructural N80°E, por donde pudo haber ascendido un cuerpo subvolcánico félsico cortando a las intercalaciones de tobas y lavas andesíticas, esta ascensión provocó intenso fracturamiento, desorden estructural y espacios abiertos por donde ascendieron fluidos magmáticos, originando explosiones freáticas, alteración hidrotermal y ascensos sub verticales de brechas freáticas hidrotermales con valores altos de Au.



Figura 6 Control estructural de Jessica tendencia E-W - N70°E.

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

## 2.6 Alteración y mineralización

### 2.6.1. Alteraciones

Las alteraciones hidrotermales presentes en el proyecto Jessica son de un ambiente de alta sulfuración, los distintos ensambles de minerales de alteración están en función de la temperatura y PH, presentándose en forma de halos con respecto al foco.

Las alteraciones presentes en Jessica son las siguientes: sílice masiva (SM), sílice vuggy (SV), sílice alunita (SA), sílice arcillas (SC), argílica (C) y propilítica (P).

#### ➤ **Sílice vuggy (SV)**

Presenta gradando a la sílice masiva, con una textura oquerosa (porosa), presenta óxidos de hierro principalmente hematita y goethita y sulfatos como la jarosita en las oquedades y en las fracturas.

#### ➤ **Sílice alunita (SA)**

Esta alteración se encuentra gradando a sílice vuggy dentro de sus ensambles mineralógicos se tiene a la sílice y la alunita de una textura selectiva ya que conserva la textura de la roca, la alunita se encuentra reemplazando a las plagioclasas presentando una textura porfiroblástica y en algunos casos rellenando fracturas.

#### ➤ **Sílice arcillas (SC)**

Se encuentra gradando a la sílice alunita (SA), dentro de sus ensambles mineralógicos se tiene a la sílice y arcillas principalmente a la dickita y pirofilita, conserva la textura original de la roca caja siendo de una textura porfiroblástica. En

el proyecto Jessica este tipo de alteración asociada a pequeñas estructuras aflorantes al Suroeste del área, presenta óxidos de hierro principalmente hematita en fracturas.

➤ **Argílica (C)**

Esta alteración se encuentra gradando la sílice a arcilla, está más alejada del foco, dentro de sus minerales se tiene al caolín, illita y esmectita con piritita diseminada, de una textura porfiroblástica deleznable.

➤ **Propilítica (P)**

En esta alteración presenta minerales principales de clorita y poco o casi nada de epidota, se presenta alejado del sistema y de dimensiones muy pequeñas. Gradando a esta, se tiene rocas con alteración (fresca), óxidos de hierro en fracturas (Figura 07).



Figura 7 Talud con intenso craquelamiento y oxidación

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

En el yacimiento Jessica existe un predominio de la sílice masiva craquelada, sílice granular y sílice vuggy; también se observa presencia de sílice alunita principalmente en la zona oeste y este del yacimiento, mientras que en los bordes del cuerpo mineralizado aumenta la presencia de sílice alunita arcillas a argílico (ver Figuras 08 y 09).

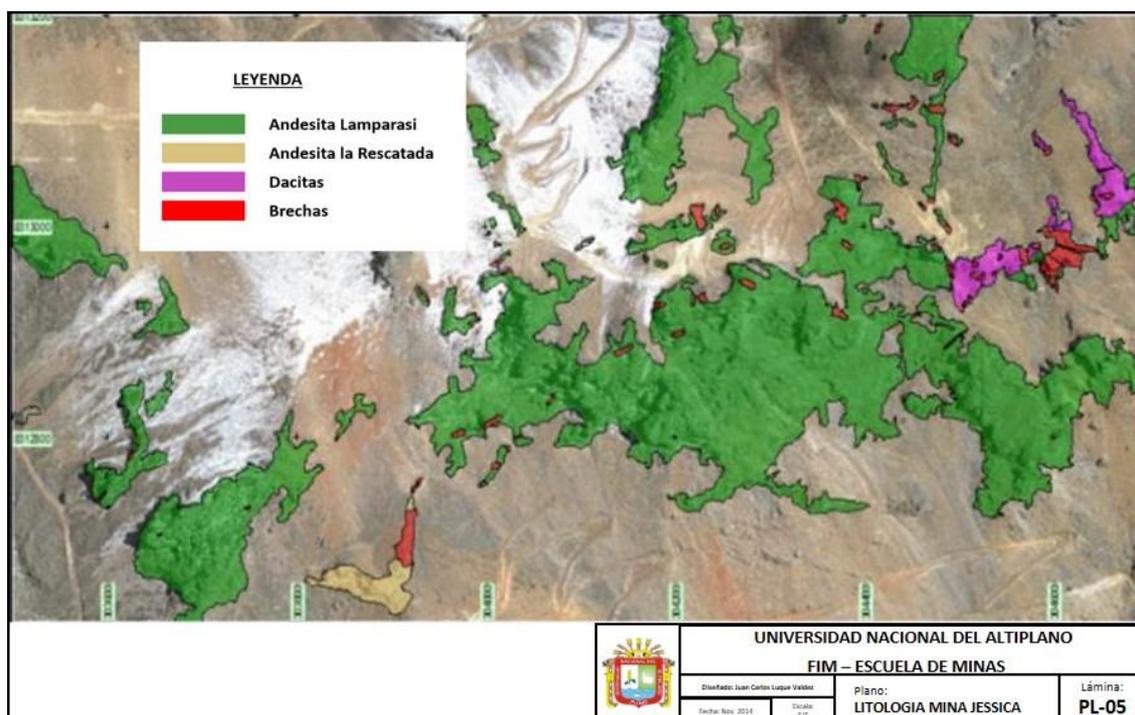


Figura 8 Litológica del Área de Jessica

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

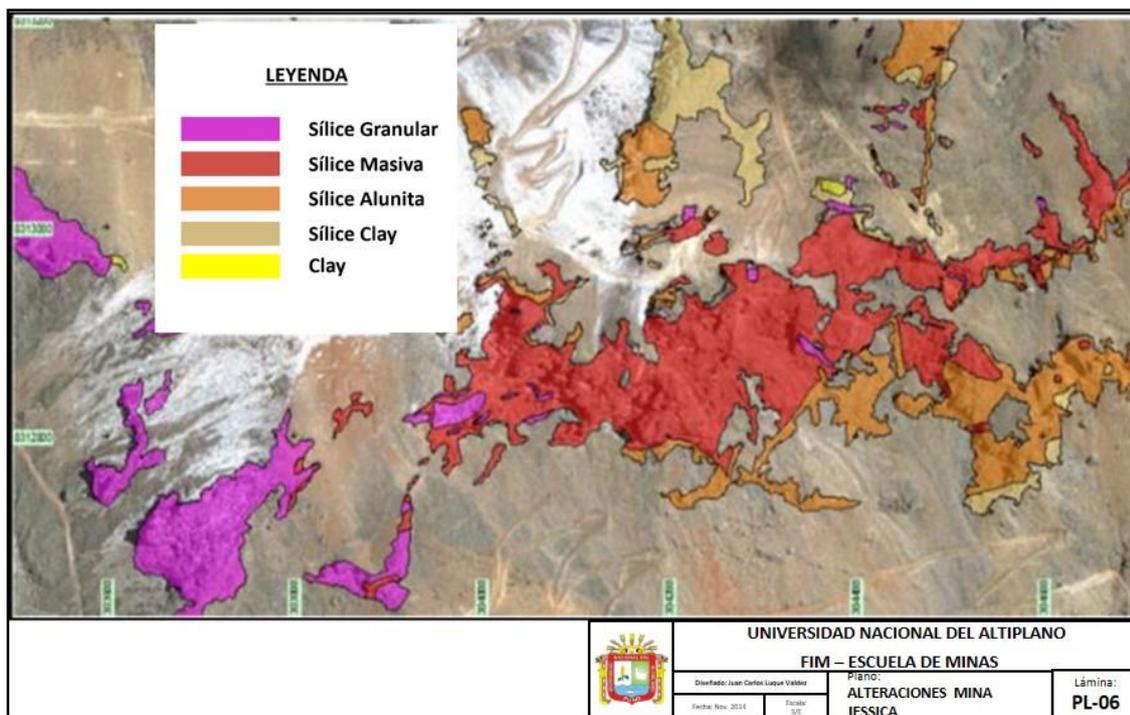


Figura 9 Alteraciones del proyecto Jessica

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

### 2.6.2 Mineralización

El yacimiento Jessica es de tipo ácido sulfato conteniendo oro diseminado. Se tiene una correspondencia Au-jarosita, en un contexto de sílice granular con contenidos de jarosita. Hay también una débil correspondencia Au-baritina, en roca con alteración sílice granular con presencia de cristales tabulares de baritina transparente.

En la parte superior del yacimiento, se observan sectores con presencia de pirita fina diseminada en venillas con sílice gris. Los valores altos en oro se asocian a la brecha hidrotermal con goetita, jarosita (color amarillo) y hematita en cavidades y matriz (ver Figura 10); ocasionalmente se reconocen cuerpos de sílice con cristales de baritina que también determinan leyes altas de oro.



Figura 10 Abundante jarosita impregnada sobre roca silicificada – alunita

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

### 2.6.3 Tipos de brechas

Se considera que las brechas se originaron por intrusión, fallamiento o fracturamiento y transformación violenta del agua sobrecalentada a vapor que condujo a una explosión hidrotermal ver Figura 11.

- **Brecha hidrotermal.**-Se caracteriza por presentar minerales hidrotermales en la matriz tales como alunita, sílice calcedónica, óxidos de hierro y azufre. Por lo general los líticos tienen textura obliterada. Usualmente cortan a las brechas freáticas; presentan mineralización económica. Se sabe que los fluidos hidrotermales participantes son en su mayoría de origen magmático y son los que contienen metales a ser depositados según las condiciones termodinámicas.

- **Brecha freática.-** Caracterizada por tener clastos angulosos a sub angulosos lixiviados, porosidad primaria, los fragmentos se encuentran fuertemente silicificados, se observan en el centro del yacimiento, estas brechas hidrotermales originan halos de crackel brecha generando grandes masas de brechas.
- **Brecha tectohidrotermal.-** Ocurrida por fracturamiento durante el movimiento de fallas; las brechas de fallas están asociadas con la mineralización. En los taludes de los bancos se observan cuerpos sub verticales de brecha de falla mineralizados con alta ley, especialmente en sectores tensionales de fallas.
- **Brecha crackel.-** Producto de la intrusión de las brechas hidrotermales freáticas que generaron zonas y halos micro fracturados, craquelados, caracterizados por presentar clastos y matriz de la misma roca (rompimiento), siendo el protolito la andesita en su mayor parte, las brechas crackel se presentan con una disposición sub horizontal buzando aproximadamente 15° hacia el norte.
- **Brecha freatomagmática.-** Se originan mediante explosión debido al contacto entre el magma y las aguas subterráneas, es polimíctica, con clastos angulares a sub redondeados, incluye líticos de roca caja y tiene matriz porfirítica.

Una característica importante de este tipo de brechas es que presentan deformación plástica de fragmentos, debido a que el estado del magma es viscoso durante la explosión.



Figura 11 Tipos de brechas

Fuente: Departamento de Geología- Mina Aruntani

## 2.7 Operaciones mina

### 2.7.1 Descripción del tajo abierto.

Aruntani es una mina con método de explotación a tajo o cielo abierto (open pit); siendo una de las características principales de su diseño sus bancos de explotación son de 8 metros de altura. En la actualidad posee una producción promedio diaria de 24,500 toneladas de material, y opera las 24 horas del día los 363 días del año, en turnos de 10 horas lo cual la convierte en uno de los tres primeros productores de Au del Perú.

El diseño de tajo abierto desde un punto de vista minero-económico es altamente complejo e involucra un análisis de muchos datos tales como: Las condiciones de mercado, la oferta y la demanda no pueden ser estimados con exactitud para un

determinado periodo razón por la cual se incorpora la flexibilidad a la adaptación a los cambios imprevisibles del mercado durante la operación de la mina, características operacionales de los equipos para cada operación unitaria, a costos operacionales de minado y a las características geológicas y estructurales de las rocas existentes en el área.

Los parámetros técnicos de diseño del *pit* principal Jessica se detallan a continuación.

- Angulo de talud final del *pit* : 45°
- Altura de banco : 8 m
- Ancho de berma : 4.27 m
- Angulo talud inter-berma : 65°
- Ancho de carretera : 12 m
- Operación a doble banco : 16 m

### 2.7.2 Perforación

Para esta actividad se utiliza perforadoras DM-45E (ver figura 12) con brocas de diámetros de 7 7/8” y una longitud de 8 metros de altura del banco (vertical) y *track drill* 350 como perforación secundaria con brocas de diámetro de 2 1/2” y una longitud de 3.5 m.

La penetración de la broca en la roca se logra por parámetros de presión de empuje (*pull down*) y velocidad de rotación; el barrido del detritus se realiza mediante aire comprimido. La malla empleada depende de la dureza de la roca, densidad del explosivo y del macizo rocoso.



**Figura 12. Perforadoras DM45**

Fuente: Elaboración propia

La malla estimada por el área de perforación y voladura es de 4.30 x 5.00m para mineral y desmonte es de 4.60 x 5.30 m. Este diseño es un factor muy importante, puesto que cualquier buen resultado de la voladura es mérito de una buena marcación de la malla y con una perforación adecuada se realiza una correcta limpieza de las áreas a perforar.

El monitoreo de la operación se realiza día a día a través de un sistema de control de producción y performance de equipos (fragmentación de rocas por voladura, velocidad de carguío, utilización de equipos.) que son manipulados por los supervisores. La información obtenida permite identificar desviaciones con respecto a lo planeado y tomar las decisiones correctivas.

### 2.7.3 Voladura

Se coordina con operaciones mina todo lo referente a la perforación de los taladros para producción, usualmente se entrega mapas o planos de dureza relacionadas a las alteraciones del material que es utilizado para el diseño de la malla de voladura. El área de voladura coordina con Geología los problemas de percolación como fracturamiento y/o silicificación en las rocas en determinadas zonas del tajo como producto del cizallamiento que también origina desgaste prematuro en las rocas

Figura 13.



Figura 13 Voladura en bancos

Fuente: Elaboración propia

El objetivo principal es tener un material fragmentado uniforme, que será dispuesto para la lixiviación y recuperación.

En este proceso se emplea *boosters* (empleados en la iniciación de voladuras a tajo abierto) de una libra con líneas descendentes no eléctricos con tiempos en milisegundos y para el amarre troncal se utiliza cordón detonante.

El carguío de taladros se realiza mediante un camión fábrica (ver Figura 14) que realiza las mezclas de ANFO y heavy ANFO, según las consideraciones del material a fragmentar y el porcentaje de contenido de agua. Posteriormente se tapan los taladros con los detritos producto de la perforación utilizando tacos de 3.0 m y el encendido se realiza convencionalmente utilizando mecha de seguridad de 8 pies con fulminante N°8.



Figura 14 Carguío de taladros con heavy ANFO

Fuente: Elaboración propia

#### 2.7.4 Carguío y acarreo

Para las operaciones de carguío se emplea equipo pesado como excavadoras y cargadores frontales; estos equipos tienen capacidad de 3.2 m<sup>3</sup> y 11.0m<sup>3</sup> respectivamente.

Se utiliza volquetes de 22.3 m<sup>3</sup> de capacidad, que transportan el mineral desde el tajo hacia la chancadora y zaranda. También el mineral es transportado de la zaranda al *pad* de lixiviación para su respectivo proceso. (Ver Figura 15)



Figura 15. Carguío y acarreo

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.5 *Pad de lixiviación*

Los *pads* de lixiviación son trabajados por el sistema de riego por goteo el ciclo de lixiviación es de 75 días, con una tasa de producción de 20,000 TM/día y una altura de *lift* de 8 m. La operación del *pad* se lleva a cabo a través del sistema convencional de lixiviación en pilas con carguío a través de camiones.

El sistema de revestimiento del *pad* de lixiviación consiste en la instalación de una geomembrana texturada por un lado (SST) de HDPE de 2 mm de espesor colocado sobre una base de suelo de baja permeabilidad.

El mineral es regado por una solución cianurada de baja concentración con un pH alcalino (10.5 a 11) la misma que al ir percolando va saturando al mineral y disolviendo el oro y plata libre que encuentre en su paso estas soluciones son colectadas en el piso impermeabilizado del *pad* y conducido por tuberías hacia las pozas de colección para su tratamiento posterior.

Esta operación de lixiviación es controlada en los ratios de riego, eficiencia de las mangueras de riego, taludes, retiro de los taludes y control horizontal de pisos de la descarga de mineral, así mismo la solución es controlada cada 12 horas. Para nivelar las concentraciones de cianuro y de cal.



Figura 16. *Pad* de lixiviación y planta *Merrill-Crowe*.

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.6 Insumos a utilizar en planta *Merrill-Crowe*

- a) Cianuro de sodio: Se utiliza como reactivo lixivante de los metales preciosos. Se prepara en una solución a una concentración de 10% de NaCN y se dosifica a los tanques de solución intermedia y solución Barren para regular la fuerza de cianuro a 130 ppm.
- b) Polvo de zinc: Reactivo utilizado en la precipitación de los metales valiosos. Se dosifica a la solución *pregnant* clarificada y desoxigenada y el ratio promedio de zinc/Au es de ( 5-10)/1.

- c) Tierra Diatomea: Se utiliza como medio filtrante en los filtros clarificadores para remover los sólidos en suspensión de esta manera se clarifica la solución *pregnant*. Utilizado también en los filtros prensa como medio filtrante para retener y recuperar el precipitado de Au-Ag.
- d) Cal: Se utiliza para acondicionar pH del mineral de tal manera que evite la formación de ácido cianhídrico y mantener la alcalinidad protectora. Disminuye la acción de los cianicidas aumentando la eficiencia en la reacción de lixiviación del metal precioso.

## 2.8 Planta Merrill-Crowe

El proceso de recuperación de oro consiste en la remoción de este metal precioso de una solución cianurada por precipitación con zinc en polvo.

La solución *pregnant* de la poza de operaciones es bombeada con un flujo de 450-550 m<sup>3</sup>/h hacia la planta en donde atraviesa cuatro etapas principales:

### 2.8.1 Clarificación

La solución *pregnant* primeramente es clarificada a través de tres filtros clarificadores (Figura 17).

Cada filtro clarificador cuenta con 29 paneles de clarificación. Cada panel está cubierto con una tela filtrante y utilizando un sistema de *precoat* con tierra diatomita se forma una cama filtrante sobre la superficie de los filtros que retiene los sólidos en suspensión produciendo una solución altamente clarificada.



Figura 17. Zona de filtros clarificadores de la planta *Merrill Crowe*

Fuente: Planta de lixiviación

### 2.8.2 Desaeración

La solución *pregnant* clarificada ingresa a la torre de vacío (Figura 18) por la parte superior y mediante una bomba de vacío el oxígeno es removido de la solución *pregnant*.

De esta manera la solución es desoxigenada y posterior a la salida de solución de la torre es monitoreada con un medidor de oxígeno que nos da medida de oxígeno disuelto en ppm.



Figura 18. Torre de vacío.

Fuente: Planta de lixiviación

### 2.8.3 Precipitación

La solución *pregnant* clarificada y desoxigenada es precipitada (ver Figura 19) con polvo de zinc para recuperar los metales preciosos Au-Ag.

La dosificación de zinc se regula de acuerdo a la ley de oro y plata disuelta en solución.

El zinc es adicionado a línea de precipitación mediante un cono con solución *pregnant* (zinc en solución) ubicado entre la torre de desaereación y la bomba de precipitación de alimentación a filtros prensa.



Figura 19. Equipo de precipitación

Fuente: Planta de lixiviación

#### 2.8.4 Recuperación de precipitado

Finalmente, la solución de precipitación es enviada a los filtros prensa. (Figura 20) cada filtro prensa está compuesto de 50 platos o paneles haciendo un total de 49 cámaras por cada filtro prensa. El área total filtrante por filtro prensa es de 1200 pies cuadrados.

Cada panel lleva vestido una tela o lona de tal manera que al cerrarse el filtro se formen 49 cámaras.

En la superficie de las lonas que están formando una cámara también es necesario formar una cama filtrante con tierra diatomita utilizando el mismo sistema de *precoat* de clarificación mediante otra línea y juego de válvulas.

La solución de precipitación atraviesa estas cámaras reteniendo el precipitado de Au-Ag saliendo del filtro prensa la solución estéril o barren hacia un tanque en donde se reacondiciona la fuerza de NaCN a 130 ppm y es bombeada al *pad* para un nuevo ciclo de lixiviación.

El filtro prensa en operación llegara a saturarse de precipitado elevando la presión de operación hasta 70 psi; en el cual se procederá a lanzar a operación el filtro prensa *stand by* y saliendo de operación el filtro prensa saturado quedando listo para su respectiva cosecha y secado en un horno de retorta.

Posterior el precipitado será pesado, embolsado y enviado a la ciudad de Lima para su comercialización.



Figura 20. Equipo de recuperación de precipitados

Fuente: Planta de lixiviación

### 2.8.5 Sistema de bombeo de soluciones al *pad*

Las soluciones de riego al *pad* son :

- Solución tratada en planta *Merrill-Crowe* (Figura 21)
- Solución recirculante.



Figura 21 Tanques de solución tratada planta *Merrill-Crowe*

Fuente: Planta de lixiviación

### 2.8.6 Solución tratada en planta *Merrill-Crowe*

La solución estéril del tratamiento en planta es una solución con contenidos bajos en oro llamada también solución barren llega al tanque barren en donde es reacondicionado la fuerza de cianuro a 160 ppm y luego bombeada al *pad* a un caudal de 250-350 m<sup>3</sup>/h.

### 2.8.7 Solución recirculante

Es la solución descargada en la poza intermedia provenientes del *pad* de lixiviación con valores de oro que no justifica su tratamiento en planta *Merrill-Crowe*.

Esta solución es bombeada al tanque de solución intermedia para su reacondicionamiento de la fuerza de cianuro de sodio a 130 ppm y luego es bombeada al *pad* con la finalidad de elevar sus valores de oro.

### **2.8.8 Producto final**

El producto final del proceso de tratamiento metalúrgico en planta *Merrill-Crowe* es un precipitado de Au-Ag con una humedad aproximada de 1%.

### **2.9 Fundición**

El cemento obtenido en el filtro se fundirá en un horno basculante a petróleo en un crisol de carburo de silicio de 300 kg. Para esta última etapa se adicionarán los fundentes bórax, carbonato de sodio, sílice y nitrato de potasio, el cemento se fundirá a una temperatura de 1300 °C, para luego realizar la colada y obtener las barras de bullón de 70% Au y 25% de Ag.

### **CAPÍTULO III**

## **DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL OBJETIVO**

#### **3.1 Implementación de chancado al proceso**

Como alternativa viable la empresa incluyó al proceso el elemento del chancado el cual dimensionó y presupuestó, este fue un nuevo proceso que se incluía en la corporación, además que el precio del oro en el mercado hizo que esta alternativa tenga una viabilidad adecuada.

#### **3.2 Proceso de chancado**

Se ha construido una chancadora con una capacidad de 22,000 TM/día, el proceso consta de una chancadora primaria giratoria, luego pasa a dos chancadoras secundarias giratorias donde el mineral llega a reducirse de a un diámetro promedio de 1 ½ pulgadas de 30 pulgadas de ingreso como mineral extraído del tajo, el mineral chancado es transportado por fajas transportadoras a una distancia de 0.8 km hacia una tolva de finos.

En síntesis se muestra en la Figura 22 el proceso del circuito de chancado.

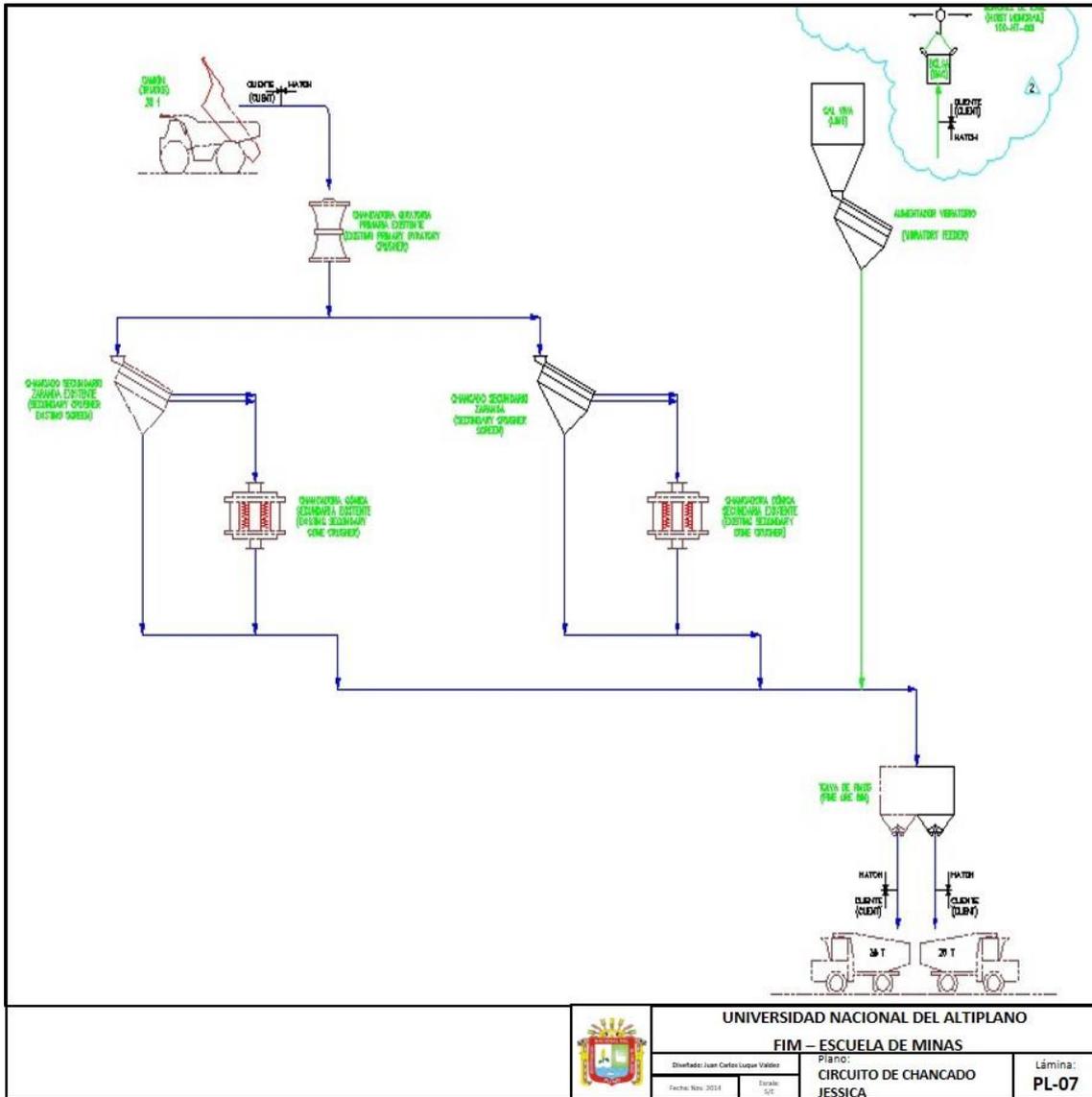


Figura 22 Circuito de chancado

Fuente: Elaboración propia

El proceso de chancado se divide en tres áreas.

### 3.2.1 Chancado primario.

El chancado de mineral se realiza por métodos convencionales, está diseñado para recibir con un tamaño máximo de mineral de mina (ROM) de 800 mm. El mineral es entregado directamente al circuito de chancado primario por medio de camiones (nominalmente de 28 TM), siendo descargado al bolsón de recepción de la

chancadora. El material es chancado utilizando un equipo giratorio de 42"x65" de 400 HP de potencia. Sobre la zona de alimentación de la chancadora se ha considerado para el futuro la instalación de un martillo hidráulico para manejar mineral con sobre tamaño. Al inicio de las operaciones se está usando un equipo móvil (picotón) para dicho material con sobre tamaño. El mineral chancado que ingresa al bolsón de descarga de la chancadora giratoria es luego transportado hacia el circuito de chancado secundario por medio de un alimentador de placas *Apron* y un sistema de chutes y fajas. Adicionalmente, se ha considerado un sistema de colección de polvo vía seca. En esta zona también se incluyen las fajas de transporte de material grueso, 100-CV-001, 100-CV-002 y 100-CV-003.

En el nivel superior de escaleras del edificio de chancado primario se ha construido el cuarto de control (prefabricado) 100-CCR-001, donde se ubican las estaciones de supervisión y control de la planta.

### 3.2.2 Chancado secundario.

El mineral chancado del circuito primario de trituración es alimentado a dos líneas de chancado secundario que operan en paralelo. Cada línea cuenta con una zaranda vibratoria de doble piso y un chancador secundario de cono de 7 pies trabajando en circuito abierto. El material pasante de las zarandas es alimentando directamente a las fajas CV-004 y CV-005 según corresponde, las cuales a su vez alimentan al *Overland Conveyor* CV-006. Asimismo el material con sobre tamaño de la zaranda se deriva a su correspondiente chancadora secundaria cónica CR-001 y CR-002 para ser reducidos. El material chancado también es descargado en las fajas CV-004 y CV-005, las que alimentan al *Overland Conveyor* CV-006, el cual transporta

todo el mineral hasta el edificio de la tolva de finos recorriendo una distancia de 1000 metros aproximadamente.

Adyacente al edificio de chancado secundario, se construyó la sala eléctrica principal que albergará sistemas de distribución general de media/baja tensión, los centros de control de motores, tableros, celdas de transformación y equipos eléctricos que suministran energía a toda la planta del proyecto. También se alojan el gabinete de control PLC principal.

### **3.2.3 Faja transportadora, planta de cal y edificio de finos.**

El producto final de la planta de chancado secundario es transportado hacia el edificio de tolva de finos, a través de una faja transportadora de longitud aproximada de 800 metros. Esta faja CV-006, es alimentada en el edificio de chancado secundario por las fajas CV-004 *pad* y CV-005.

La faja CV-006 es una faja que va sobre terreno para finalmente llegar al edificio de finos, donde descarga el mineral en la tolva correspondiente. A su vez el producto almacenado en la tolva de finos es transportado por medio de camiones a la zona del *pad* de lixiviación Jessica. En el trayecto del *overland* aproximadamente 50 metros antes de la tolva de finos, en este punto se encuentra la planta de cal el cual dosifica la cal al mineral.

El edificio de la tolva de finos contempla el montaje de una segunda sala eléctrica (prefabricada), donde se centraliza la alimentación y control de esta área.

### **3.3 Cronograma de construcción chancadora.**

La chancadora del proyecto Jessica se ha construido en 01 año aproximadamente, los encargados de la construcción fueron los de la empresa CEMPROTECH (empresa

especializada en construcción de chancadoras) y los que ejecutaron el proyecto fueron los de la empresa HATCH, los detalles de los tiempos de construcción se detallan en el anexo N°1.

A continuación se indican las áreas y sub-áreas con las respectivas labores que se efectuaron.

### **3.3.1 Área – 1000 chancado primario.**

#### **Civil-estructuras**

La Ingeniería para las obras civiles, concreto y acero estructural desarrolladas corresponden a:

- Diseño de plataformas para la construcción de la planta de chancado primario, considerando plataformas de accesos para maniobras de descarga de camiones a tolva de edificio de chancado.
- Caminos de acceso para plataformas de acceso a área de chancado primario y chancado secundario.
- Se realizó el dimensionamiento de las estructuras de acero estructural para el edificio de chancado primario, las estructuras para las plataformas de operaciones y escaleras de acceso, además de las estructuras para la faja transportadora 100-CV-001, 100-CV-002 y 100-CV-003.
- Se realizó el dimensionamiento de las cimentaciones para las estructuras del edificio de chancado primario, además de considerar las cimentaciones para las plataformas de acceso y los muros de contención para separar las zonas de fajas de transferencia que provienen de la zona de chancado primario y alimentan a las chancadoras ubicadas en la zona de chancado secundario.

### **Mecánica**

La ingeniería para las obras de la disciplina mecánica para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje de equipos principales como chancadora primaria 100-CR-001, *Apron Feeder* 100-FE-001 y fajas transportadoras 100-CV-001/002/003.
- Montaje de equipos secundarios como colector de polvo 100-DC-001, magnetos autolimpiantes 100-MA-001/002/003, detector de metales 100-MD-001/002, balanzas 100-BW-001/002, unidades hidráulicas de chancadora y compuertas, polipastos, etc.
- Montaje de compresores y líneas de distribución.

### **Eléctrica**

La ingeniería para las obras eléctricas para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje e instalación de conductores eléctricos y control en bandejas porta cables y tuberías eléctricas. La chancadora primaria 100-CR-001 es alimentada con un voltaje de 2300V (Media tensión) y voltaje de 220V para el sistema de control.
- Cableado y conexionado de alimentación eléctrica y control para los motores y *heaters* de los sistemas hidráulicos y de lubricación de la chancadora primaria alimentadas con una tensión de 460V baja tensión y 220V respectivamente.
- Cableado y conexionado de alimentación eléctrica y control para los motores del alimentador de placas y de las fajas transportadoras y 100-FE-001 100-CV-001 alimentadas en 460V baja tensión y 220V según planos eléctricos.
- Montaje e instalación de transformador de servicios auxiliares 100-XFL-003, tableros eléctricos de distribución en baja tensión 100-DPA-002, 100-DPA-008 y 100-PPA-003 dentro de la sala de control 100-CCR-001, cableado y conexionado

desde los tableros hasta los puntos ubicados según los planos eléctricos. Desde la sala se controla la iluminación y tomacorrientes del área de chancado primario.

- Montaje, instalación, cableado y conexionado del sistema de Iluminación interior y exterior de la planta de chancado primario, dicho sistema es controlado por células fotoeléctricas. El sistema de iluminación cuenta con luminarias del tipo *high bay* con lámpara de descarga de vapor de sodio, luminarias con lámparas fluorescentes, proyectores con lámparas de descarga de vapor de sodio, luminarias para alumbrado público con lámparas de descarga de vapor de sodio y luminarias de emergencia.
- Montaje, cableado, conexionado e instalación del sistema de Iluminación interior y exterior de fajas transportadoras 100-CV-001 y 100-CV-002, iluminación perimetral y de accesos a la zona de chancado primario.
- Montaje, instalación, conexionado y cableado de Interruptores de seguridad para tablero eléctricos y maniobra de monorieles 100-PHT-001 y 100PHT-002, martillo hidráulico 100-PRB-001, así como salidas de fuerza (100-MQ-001 y 100-MQ-002) que incluye *safety switch* 100-SWL-005 alimentadas en 460V.
- Cableado y conexionado de alimentación eléctrica de fuerza (*feeder*) a tablero del colector de polvo 100-PDC-001 de la chancadora primaria.
- Instalación de *rack* dedicada para bandejas porta cables de fuerza y control. Niveles de voltaje 2300V, 460V y 220V.
- Cableado y conexionado de alimentadores para las bombas del cuarto de compresoras 100-PCP-001, 100-PCP-002 y tablero de distribución 100-DPA-011.
- Instalación del sistema de puesta a tierra con conductor de cobre desnudo de 120mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) para malla a tierra principal, 70mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) para conexión de equipos y estructuras según planos y estándares de constructivos

eléctricos. Cuenta con pozos de puesta a tierra con tapa de registro y sin registro.

Barras colectoras para conexionado de equipos eléctricos.

- Instalación del sistema de protección atmosférica con un sistema de puesta a tierra dedicado que se conectará con la malla a tierra principal (ver planos eléctricos y estándares constructivos).

### **Instrumentación y control**

La ingeniería para las obras de instrumentación y control para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje e instalación de instrumentos de seguridad *Apron Feeder*, y en las fajas 100-CV-001, 100-CV-002 y 100-CV-003.
- Montaje e instalación de sensores y detectores de nivel en tolva de descarga 100-BB-002 de chancador primario y en chutes de fajas correspondientes a ítem anterior.
- Montaje e instalación de sensores e indicadores de presión en red de aire servicios.
- Instalación de semáforos en recepción de camiones.
- Cableado y conexionado de señales de unidades hidráulicas y lubricación en chancador primario 100-CR-001 hacia el gabinete de control 100-RIO-002.
- Instalación y configuración de las estaciones de operación e Ingeniería en cuarto de control 100-CR-001.
- Instalación, conexionado, cableado y configuración de los dispositivos y panel de detección/alarma de incendios en cuarto de control 100-CR-001.
- Instalación, conexionado de cajas de conexión y sirenas/estrobos de campo en fajas y edificio de chancado primario.

- Cableado y conexionado de todos los instrumentos, cajas de conexionado y paneles de control hacia la el PLC en sala eléctrica principal 100-ER-001. Incluye señales de equipos *vendor*.

### 3.3.2 Área – 2000 chancado secundario.

#### Civil-estructuras

La ingeniería para las obras civiles, concreto y acero estructural desarrolladas corresponden al diseño de:

- Diseño de plataformas para la construcción e instalación de las fajas transportadoras que alimentan al edificio de la planta de chancado secundario, considerando plataformas de accesos para maniobras de camiones y accesos varios.
- Se consideraron caminos de acceso para plataformas de fajas y plataformas de chancado secundario, además de los accesos para la zona de la subestación eléctrica.
- Se realizó el dimensionamiento de las estructuras de acero estructural para las fajas transportadoras 100-CV-002 y 100-CV-003 de la zona de chancado primario, las estructuras para las plataformas de operaciones y escaleras de acceso al edificio de chancado secundario y sistema de grúa puente para el edificio de chancado primario.
- Se realizó el dimensionamiento de las cimentaciones para las estructuras del edificio de chancado secundario, además de considerar las cimentaciones para las plataformas de acceso y los muros de contención para separar las zonas de fajas de transferencia que provienen de la zona de chancado secundario y alimentan a la faja *overland*.

- Se realizó el diseño de las estructuras de concreto para soportar las chancadoras cónicas secundarias, además del dimensionamiento de la zona de entrega para la faja *overland* 100-CV-006.

### **Mecánica**

La ingeniería para las obras de la disciplina mecánica para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje de equipos principales como chancadoras secundarias 100-CR-002/003, zarandas vibratorias 100-SC-001/002 y fajas transportadoras 100-CV-004/005.
- Montaje de equipos secundarios como colector de polvo 100-DC-002, unidades hidráulicas de chancadora secundaria 100-CR-002, sistema de ventilación y presurización en sala eléctrica, polipastos, etc.

### **Eléctrica**

La ingeniería para las obras eléctricas para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje e instalación de conductores eléctricos y control en bandejas porta cables y tuberías eléctricas.
- Cableado y conexionado de alimentación eléctrica de los motores de las chancadoras secundarias 100-CR-002-M y 100-CR-003-M, los cuales serán alimentados con un voltaje de 2300V (Media tensión) y el nivel de voltaje para el sistema de control es 220V.
- Cableado y conexionado de alimentación eléctrica de fuerza del motor de la faja transportadora 100-CV-006-M la cual será alimentada en 2300V (Media tensión) y el nivel de voltaje respectivo para el sistema de control es 220V.
- Cableado y conexionado de alimentación eléctrica de fuerza para los motores y *heaters* de los sistemas hidráulicos y de lubricación de las chancadoras 100-CR-

- 002-M y 100-CR-003-M que serán alimentadas con un voltaje de 460V baja tensión.
- Cableado y conexión de alimentación eléctrica de fuerza y control para los motores de las fajas transportadoras 100-CV—002-M, 100-CV-003-M, 100-CV-004-M y 100-CV-005-M alimentados con una tensión de 460V baja tensión y 220V para el sistema de control.
  - Cableado y conexión de alimentación eléctrica de fuerza y control para los motores de las zarandas vibratorias 100-SC—001<sup>a</sup>-M, 100-SC—001B-M, 100-SC—002<sup>a</sup>-M y 100-SC—002B-M, alimentados con una tensión de 460V baja tensión y 220V para el sistema de control
  - Montaje, instalación, cableado y conexión del sistema de iluminación interior y exterior de la planta de chancado secundario, dicho sistema es controlado por células fotoeléctricas. El sistema de iluminación cuenta con luminarias del tipo *high bay* con lámpara de descarga de vapor de sodio, luminarias con lámparas fluorescentes, proyectores con lámparas de descarga de vapor de sodio, luminarias para alumbrado público con lámparas de descarga de vapor de sodio y luminarias de emergencia.
  - Montaje e instalación de Interruptores de seguridad para tableros eléctricos y control de puente grúa 100-CN-001, también salidas de fuerza (100-MQ-003 y 100-MQ-004) que incluye *safety switch* 100-SWL-006 alimentadas con un voltaje de 460V.
  - Cableado y conexión de alimentación de fuerza eléctrica (*feeder*) a tablero del colector de polvo 100-PDC-002 en el área de chancado secundario.
  - Instalación de rack dedicada para bandejas porta cables de fuerza y control. Niveles de voltaje 2300V, 460V y 220V.

- Instalación del sistema de puesta a tierra con conductor de cobre desnudo de 120mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) para malla a tierra principal, 70mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) para conexión de equipos y estructuras según planos y estándares de constructivos eléctricos. Cuenta con pozos de puesta a tierra con tapa de registro y sin registro. Barras colectoras para conexiónado de equipos eléctricos.
- Instalación del sistema de protección atmosférica con un sistema de puesta a tierra dedicado que se conectará con la malla a tierra principal (ver planos eléctricos y estándares constructivos).
- Montaje, instalación, cableado y conexiónado de centro de control de motores de baja tensión (100-MCL-001, 100-MCL-002, 100-MCL-003 y 100-MCL-004), tableros de transferencia manual de media tensión (100-TSM-001C/D/E/F), en baja tensión (100-TSL-001C/D/E/F/G), *soft starters* en media tensión (100-SSM-001 y 100-SSM-002), variadores de frecuencia de media (100-AFM-001 y 100-AFM-002) y baja tensión (100-AFL-001, 100-AFL-002 y 100-AFL-003), Transformadores secos para servicios auxiliares (100-XFL-001 y 100-XFL-004) y de sistema de instrumentación (100-XFZ-001). Todo se encuentran en la sala eléctrica principal 100-ER-001.

### **Instrumentación y control**

La ingeniería para las obras de instrumentación y control para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje e instalación de instrumentos de seguridad en las fajas 100-CV-004 y 100-CV-005.
- Montaje e instalación de sensores y detectores de nivel en chutes de fajas y equipos correspondientes.

- Cableado y conexionado de señales de unidades hidráulicas y lubricación en chancador primario 100-CR-002 y 100-CR-003 hacia el gabinete de control 100-RIO-003.
- Instalación, conexionado, cableado y configuración de los dispositivos y panel de detección/alarma de incendios en sala eléctrica 100-ER-001.
- Instalación, conexionado de cajas de conexión y sirenas/estrobos de campo en fajas y edificio de chancado secundario.
- Cableado y conexionado de todos los instrumentos, cajas de conexionado y paneles de control hacia el PLC en sala eléctrica principal 100-ER-001. Incluye señales de equipos *vendor*.
- Montaje e instalación de sensores e indicadores de presión en red de aire y agua de servicios.
- Montaje del gabinete de control principal 100-PLC-001 y tableros de alimentación de instrumentos en sala eléctrica 100-ER-001, y conexionado de todos los cables que vienen de campo hacia estos equipos.

### 3.3.3 Área – 3000 *overland conveyor* y tolva de finos.

#### Civil-estructuras

La Ingeniería para las obras civiles, de concreto y acero estructural desarrolladas corresponden al diseño de:

- Diseño de los caminos de acceso a las zonas de tolva de cal y finos, desarrollo de las vías de acceso 01, 02 y 03.
- Diseño de plataformas para la construcción e instalación del edificio para almacenamiento de finos, considerando plataformas de accesos para maniobras de camiones y accesos varios.

- Se realizó el dimensionamiento de las estructuras de acero para el edificio de la tolva de finos y el edificio de la tolva de cal, considerando las plataformas de operaciones y escaleras de acceso al edificio de la tolva de finos.
- Se realizó el dimensionamiento de las estructuras de acero para la faja *overland*, definiendo las estructuras de la armadura de la faja y soportes de apoyo para la faja.
- Se realizó el dimensionamiento de las cimentaciones para las estructuras del edificio de la tolva de finos y la tolva de cal, además de considerar las cimentaciones para las plataformas de acceso y cimentaciones para la faja *overland* que proviene de la zona de chancado secundario.

### **Mecánica**

La ingeniería para las obras de la disciplina mecánica para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje de equipos principales como *overland conveyor* 100-CV-006.
- Montaje de equipos secundarios como colector de polvo 100-DC-003, unidades hidráulica para accionamiento de compuerta en tolva de finos, Polipastos, etc.

### **Eléctrica**

La ingeniería para las obras eléctricas para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje e instalación de conductores eléctricos y control en bandejas porta cables y tuberías eléctricas.
- Montaje, instalación, cableado y conexionado del sistema de iluminación exterior del recorrido de la faja transportadora 100-CV-006 con luminarias de alumbrado público con lámparas de descarga de 70W.

- Montaje, instalación, cableado y conexonado del sistema de Iluminación interior y exterior de la planta de tolva de finos y planta de cal, dicho sistema es controlado por células fotoeléctricas. El sistema de iluminación cuenta con luminarias del tipo *high bay* con lámpara de descarga de vapor de sodio, luminarias con lámparas fluorescentes, proyectores con lámparas de descarga de vapor de sodio, luminarias para alumbrado público con lámparas de descarga de vapor de sodio y luminarias de emergencia.
- Ruteo y cableado de los alimentadores del 100-MCL-005 en bandeja portacables desde sala eléctrica principal 100-ER-001 hasta la sala eléctrica N°2 (100-ER-002).
- Montaje e instalación de interruptor de seguridad 100-SWL-004 para tableros eléctricos y control de monorriel eléctrico 100-PHT-004 alimentado con un voltaje de 460V, ubicado en la planta de tolva de finos
- Cableado y conexonado de alimentación de fuerza eléctrica (*feeder*) a tablero del colector de polvo 100-PDC-003 en el área de tolva de finos.
- Cableado y conexonado de alimentación de fuerza eléctrica (*feeder*) a tablero del dosificador de cal viva 100-PVF-001 en planta de cal.
- Instalación de racks dedicada para bandejas porta cables de fuerza y control. Niveles de voltaje 2300V, 460V y 220V.
- Montaje, instalación, cableado y conexonado de centro de control de motores (100-MCL-005), tablero eléctrico de distribución (100-DPA-004) y transformadores para servicios auxiliares y sistema de instrumentación (100-XFL-002 y 100-XFZ-002) en sala de eléctrica 100-ER-002 ubicada en tolva de finos.
- Instalación del sistema de puesta a tierra con conductor de cobre desnudo de 120mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) para malla a tierra principal, 70mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) para

conexión de equipos y estructuras según planos y estándares de constructivos eléctricos. Cuenta con pozos de puesta a tierra con tapa de registro y sin registro. Barras colectoras para conexionado de equipos eléctricos.

- Instalación del sistema de protección atmosférica con un sistema de puesta a tierra dedicado que se conectará con la malla a tierra principal. (ver planos eléctricos y estándares constructivos).

### **Instrumentación y control**

La ingeniería para las obras de instrumentación y control para esta área corresponden al diseño de:

- Montaje e instalación de instrumentos de seguridad, faja *overland* 100-CV-006
- Montaje e instalación de sensores y detectores de nivel en chutes de fajas y equipos correspondientes en área de finos y planta de cal.
- Instalación, conexionado, cableado y configuración de los dispositivos y panel de detección/alarma de incendios en cuarto eléctrico 100-ER-002.
- Instalación, conexionado de cajas de conexión y sirenas/estrobos de campo en faja *overland* y tolva de finos.
- Cableado y conexionado de todos los instrumentos, cajas de conexionado y paneles de control hacia el gabinete de control 100-RIO-001 en cuarto eléctrico 100-ER-002. Incluye señales de equipos *vendor*.
- Montaje e instalación de sensores e indicadores de presión en red de aire y agua. Montaje del gabinete de control 100-RIO-001 y tableros de alimentación de instrumentos en cuarto eléctrico 100-ER-002, y conexionado de todos los cables que vienen de campo hacia estos equipos.

### 3.4 Evolución del proceso de chancado.

Los primeros resultados de la chancadora no fueron los más satisfactorios ya que el concepto de chancado involucra envío de mineral con granulometría mayor a la que se tenía, vale decir que el factor de potencia en mina tendría que bajar y precisamente se hizo eso. Las consecuencias de esta práctica fueron que teníamos demasiados atoros en la chancadora primaria, adicional a eso la faja N6 que se dirigía de las chancadoras secundarias a la tolva de finos por tener una distancia de 0.8 km presentaba problemas de avance por sobrecarga, en mina los problemas también se incrementaron ya que los rendimientos de los equipos de carguío disminuyeron por el sobre tamaño.

Evidentemente el cumplimiento de producción no fue lo que se esperaba Tabla 05.

**Tabla 5 Resultados de la chancadora año 2013**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>PRODUCCIÓN (TM)</b>	<b>OPERACIÓN (h)</b>	<b>RENDIMIENTO (TM/h)</b>	<b>Ley g/TM</b>
2013	ENERO	17,540.05	36.00	487.22	0.51
2013	FEBRERO	229,390.53	321.83	712.77	0.45
2013	MARZO	116,250.40	143.72	808.87	0.46
2013	ABRIL	262,887.52	343.33	765.70	0.57
2013	MAYO	330,152.64	351.34	939.70	0.50
2013	JUNIO	569,636.00	459.35	1,240.09	0.55
2013	JULIO	421,498.00	299.73	1,406.26	0.45
2013	AGOSTO	539,314.00	406.08	1,328.10	0.55
2013	SEPTIEMBRE	554,829.00	425.76	1,303.15	0.52
2013	OCTUBRE	528,684.00	424.01	1,246.87	0.50
2013	NOVIEMBRE	350,938.00	315.92	1,110.84	0.49
2013	DICIEMBRE	314,158.00	291.65	1,077.17	0.54
	<b>TOTAL</b>	<b>4,235,278.14</b>	<b>3818.72</b>	<b>1,109.08</b>	<b>0.51</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Resultados del proceso de chancado

El resultado que se dio en la chancadora es 1500 TM/h con respecto a 850 TM/h con la que se había iniciado el proyecto. Tabla 06. Otro resultado más resaltante es el incremento del porcentaje de malla -1 1/2 en el mineral que llega a *pad* este resultado nos permite incrementar la recuperación del mineral de un 2 % a más del 5% ya estimado, es decir si nosotros llegamos a producir más menudo la recuperación aumenta por tratarse de un mineral de características de sílice masivo.

**Tabla 6 Análisis granulométrico *pad* de lixiviación**

**Resumen de los análisis granulométricos de las muestras del *pad* lixiviación-Jessica**

	MESES	Malla + 6'' % en peso	Malla + 4'' % en peso	Malla + 2'' % en peso	Malla + 1 1/2'' % en peso	Malla - 1 1/2'' % en peso
2011	Mayo	25.23	20.75	15.46	9.63	28.93
	Junio	25.55	20.30	15.60	8.90	29.65
	Julio	27.80	20.40	14.20	9.10	28.50
	Agosto	26.00	21.30	15.20	9.10	28.40
	Setiembre	25.40	20.10	15.70	8.70	30.10
	Octubre	26.70	20.10	13.80	8.60	30.80
	Noviembre	27.90	20.70	14.30	8.30	28.80
	Diciembre	25.48	19.97	14.36	8.51	31.68
2012	Enero	24.15	19.40	13.70	8.80	33.95
	Febrero	25.00	19.70	13.20	8.00	34.10
	Marzo	24.65	19.60	12.90	7.60	35.25
	Abril	26.70	20.20	13.90	8.00	31.20
	Mayo	23.80	18.00	12.30	7.00	38.90
	Junio	24.50	17.60	12.60	7.40	37.90
	Julio	24.50	18.60	11.40	7.40	38.10
	Agosto	25.20	19.30	12.80	7.50	35.20
	Setiembre	25.50	19.67	13.29	7.68	33.86
	Octubre	25.20	21.50	15.28	8.18	29.85
	Noviembre	24.90	21.20	14.70	8.80	30.40

	<b>Diciembre</b>	25.90	20.32	14.57	8.53	30.68
<b>2013</b>	<b>Enero</b>	24.40	20.40	15.10	8.30	31.80
	<b>Febrero</b>	20.10	16.56	13.85	8.82	40.68
	<b>Marzo</b>	23.00	18.90	13.90	8.20	36.00
	<b>Abril</b>	20.55	17.09	13.06	7.78	41.52
	<b>Mayo</b>	20.14	16.53	13.06	8.61	41.67
	<b>Junio</b>	8.25	7.04	10.49	9.35	64.88
	<b>Julio</b>	0.00	0.23	8.90	10.15	80.72
	<b>Agosto</b>	0.00	0.03	9.35	9.57	81.05
	<b>Septiembre</b>	0.99	0.78	8.62	10.31	79.29
	<b>Octubre</b>	0.00	0.16	9.19	10.09	80.57
	<b>Noviembre</b>	3.28	2.75	9.94	9.22	74.81
	<b>Diciembre</b>	9.00	6.17	10.59	8.40	65.85
<b>2014</b>	<b>Enero</b>	2.23	1.63	10.03	9.51	76.59
	<b>Febrero</b>	0.00	0.00	8.34	8.74	82.92
	<b>Marzo</b>	0.00	0.00	8.33	8.42	83.24
	<b>Abril</b>	0.00	0.00	8.70	8.26	83.05
	<b>Mayo</b>	0.00	0.00	8.54	8.48	82.97
	<b>Junio</b>	5.79	5.09	9.23	7.41	72.48
	<b>Julio</b>	6.86	5.88	8.67	7.58	71.01
	<b>Agosto</b>	5.16	4.60	8.61	8.11	73.52
	<b>Septiembre</b>	4.39	3.51	7.30	7.32	77.49
	<b>Octubre</b>	5.80	4.75	8.24	7.20	74.01
	<b>Noviembre</b>	5.78	4.68	8.39	7.96	73.18
	<b>Diciembre</b>	8.18	6.58	7.99	6.08	71.17
<b>P.T. 2011- 2014</b>	<b>PROMEDIO</b>	15.54	12.32	11.77	8.40	51.97

Fuente: Elaboración propia.

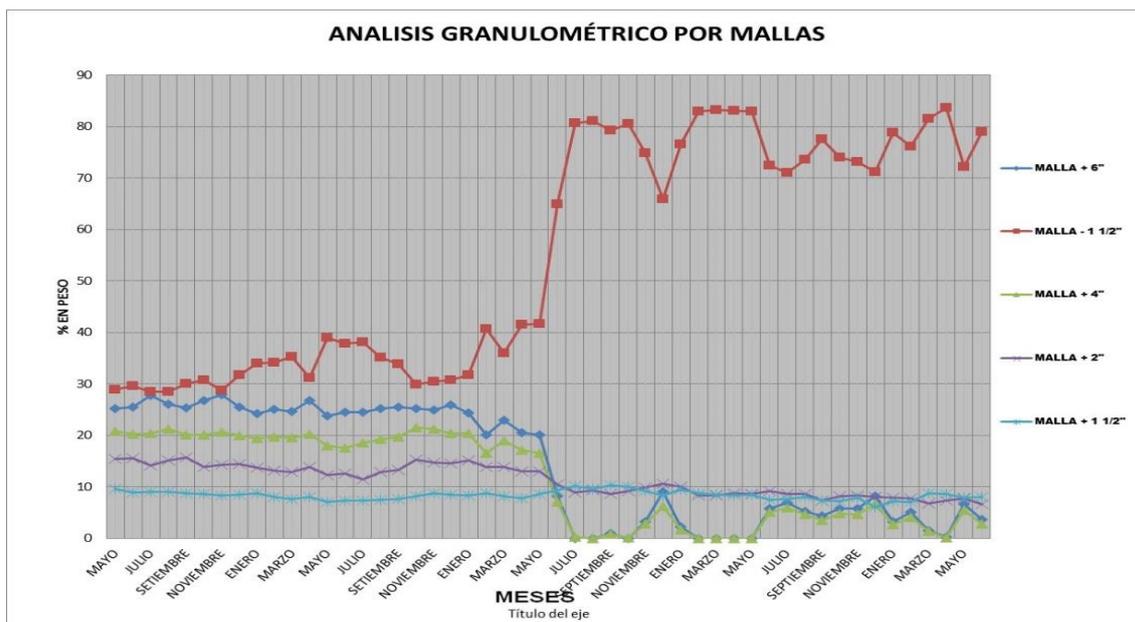


Figura 23. Análisis granulométrico de las mallas de la chancadora

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Beneficios del proceso de chancado

#### 3.6.1 Costo - beneficio.

El proyecto Jessica a enero 2013 reporta un saldo de reservas de Tabla 07:

Tabla 7. Balance de reservas Jessica 2013

**BALANCE DE RESERVAS A DIC 2012**

TAJO	MINERAL_T	AU	OZ_AU
JESSICA	39,700,000	0.43	545,000
SATELITE			
JESSICA ESTE	2,300,000	0.27	20,000
<b>TOTAL</b>	<b>42,000,000</b>	<b>0.42</b>	<b>565,000</b>

Fuente: Departamento de Geología.

Sin considerar la chancadora en el proyecto estimaba una producción de finos de 376,050 onzas recuperables (ver Tabla 08), el incremento del 5% de recuperación

hizo que las onzas recuperables llegaran a 403,300 onzas un incremento de 27,250 onzas este incremento hizo que la inversión de la chancadora de \$ 20, 0000,000 se pagara en 2.4 años teniendo incluso un margen de utilidad de \$ 20, 875,000, para un precio de 1500 \$/onzas (enero 2013), el proyecto minero (tajo) tenía como vida útil 5 años.

$$U = B - I$$

$$U = 40,875,000 - 20,000,000$$

$$U = 20,875,000 \$$$

El costo de chancado incremento 0.36US\$/TM en el proceso de planta.

**Tabla 8 Comparación con y sin chancadora**

Con chancadora

<b>Costo planta</b>	<b>US\$/TM</b>
Extendido y riego	0.82
Pozas	0.04
Refinería y fundición	0.25
Auxiliar	0.25
Chancadora	0.36
Administración	0.15
<b>Costo (US\$/TM)</b>	<b>1.88</b>

Sin chancadora

<b>Costo planta</b>	<b>US\$/TM</b>
Extendido y riego	0.82
Pozas	0.04
Refinería y fundición	0.25
Auxiliar	0.25
Chancadora	0.00
Administración	0.15
<b>Costo (US\$/TM)</b>	<b>1.52</b>

### 3.7 Comparación mineral ROM – chancado

Desde que se inició el proceso de chancado los resultados no fueron como se esperaba, pero se mejoró no solo el proceso del chancado sino también el proceso de perforación y voladura, vale decir a partir del mes de Junio 2013 incrementamos nuestro factor de potencia de 0.24 a 0.40 por lo tanto los costos operativos se incrementaron (ver Tabla 09) esa decisión hizo más rentable todos los demás procesos, vale decir carguío y transporte, a pesar que el proceso de perforación y voladura se incrementó, evidentemente la chancadora incremento su rendimiento de 850 TM/h a 1500 TM/h. (Ver Tabla 10)

**Tabla 9 Comparación por incremento de gastos en chancado**

Con chancadora

Costos Operación	US\$/t
Mina	4.07
Planta	1.88
Indirectos	0.75
<b>Costo Operaciones (US\$/TM)</b>	<b>6.70</b>

Sin chancadora

Costos Operación	US\$/TM
Mina	4.17
Planta	1.52
Indirectos	0.75
<b>Costo Operaciones (US\$/TM)</b>	<b>6.43</b>

Tabla 10 Comparación de recuperación Jessica 2013 – 2014

AÑO	MES	PRODUCCIÓN (TM)	OPERACIÓN (h)	RENDIMIENTO (TM/h)	Ley g/TM	%Recup. ROOM	Onz. Recup.	%Recup. Chan	Onz. Recup.	Dif Onz Chan - ROOM
2013	ENERO	17,540.05	36.00	487.22	0.51	69%	199.04	75%	215.29	16.25
2013	FEBRERO	229,390.53	321.83	712.77	0.45	65%	2,166.86	68%	2,266.39	99.53
2013	MARZO	116,250.40	143.72	808.87	0.46	68%	1,164.15	75%	1,289.10	124.95
2013	ABRIL	262,887.52	343.33	765.70	0.57	67%	3,199.25	72%	3,455.61	256.36
2013	MAYO	330,152.64	351.34	939.70	0.50	64%	3,355.21	70%	3,683.71	328.51
2013	JUNIO	569,636.00	459.35	1,240.09	0.55	70%	7,112.72	73%	7,435.93	323.21
2013	JULIO	421,498.00	299.73	1,406.26	0.45	64%	3,945.70	74%	4,562.25	616.55
2013	AGOSTO	539,314.00	406.08	1,328.10	0.55	67%	6,424.27	72%	6,918.59	494.32
2013	SEPTIEMBRE	554,829.00	425.76	1,303.15	0.52	72%	6,612.51	75%	6,884.85	272.34
2013	OCTUBRE	528,684.00	424.01	1,246.87	0.50	72%	6,121.53	78%	6,646.21	524.68
2013	NOVIEMBRE	350,938.00	315.92	1,110.84	0.49	71%	3,994.04	77%	4,274.23	340.19
2013	DICEMBRE	314,158.00	291.65	1,077.17	0.54	68%	3,707.62	74%	4,023.16	315.54
	<b>TOTAL</b>	<b>4,235,278.14</b>	<b>3818.72</b>	<b>1,109.08</b>	<b>0.51</b>					<b>3,712.44</b>
2014	ENERO	472,959.00	455.02	1,039.42	0.50	56%	4,285.08	72%	5,514.40	1,229.32
2014	FEBRERO	451,618.00	345.30	1,307.90	0.60	56%	4,870.81	77%	6,739.74	1,868.94
2014	MARZO	456,992.00	415.08	1,100.97	0.54	56%	4,465.38	74%	5,886.26	1,420.87
2014	ABRIL	620,527.00	450.05	1,378.80	0.53	56%	5,918.97	74%	7,851.78	1,932.81
2014	MAYO	656,157.00	452.49	1,450.10	0.57	56%	6,725.06	69%	8,306.82	1,581.76
2014	JUNIO	652,339.00	449.68	1,450.67	0.47	64%	6,287.02	70%	6,819.36	532.34
2014	JULIO	606,152.00	405.46	1,494.97	0.48	63%	5,877.05	71%	6,586.39	709.34
2014	AGOSTO	724,889.00	469.00	1,545.61	0.48	59%	6,589.93	68%	7,573.38	983.45
2014	SEPTIEMBRE	841,876.00	493.09	1,707.35	0.45	59%	7,179.49	71%	8,607.82	1,428.33
2014	OCTUBRE	759,903.00	429.94	1,767.46	0.49	66%	7,840.97	75%	8,974.13	1,133.16
2014	NOVIEMBRE	804,330.00	483.51	1,663.52	0.45	68%	7,815.20	76%	8,769.15	953.94
2014	DICEMBRE	690,900.00	399.82	1,728.03	0.49	68%	7,406.14	77%	8,429.51	1,023.36
	<b>TOTAL</b>	<b>7,738,642.00</b>	<b>5,248.44</b>	<b>1,474.47</b>	<b>0.50</b>					<b>14,797.63</b>

### CONCLUSIONES.

- Se llegó a incrementar la recuperación metalúrgica en 5 % de acuerdo a lo estimado siendo el método de chancado todo un éxito además de haberse mejorado todos los procesos por lo tanto se obtuvo mejores ganancias y sobre todo integramos los procesos de mina y planta para un solo objetivo mayor cantidad de finos para la venta.
- El costo de US\$/onz sin chancar fue de 650US\$/onz y chancando fue de 520 US\$/onz (costo total), operativamente el material chancado no presenta problemas metalúrgicos de oxigenación y consumos de insumos lixiviantes.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda invertir en la implementación de nuevos procesos que nos permitan obtener mejores resultados y continuar con más pruebas en el proceso de perforación y voladura, para futuros proyectos de geología similar.
  
- Se recomienda no dejarnos llevar por el análisis de que siempre se hace con respecto al incremento del factor de potencia, vale decir por un tema de ajuste de costos las empresas siempre piden bajar e factor de potencia es necesario modificar siempre este factor.
  
- Solo incrementar un 1% de recuperación significa mucho porque todo el proceso está en función a las onzas que se recuperaran y venderán posteriormente.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alejandro Vásquez, Benjamín Galdames, René Le-Feaux, (2011), *Apuntes de diseño y operaciones de minas a cielo abierto.*
- Cía. Minera ARUNTANI, Mina Jessica, (2013), *Informes mensuales de operación, Jessica.*
- Consultora DCR S. A. (2011), *Evaluación Geomecánica Proyecto Tajo Jessica.*
- Hustrulid William, Kutcha Mark, (1995), *Open Pit Mine Planning and Desing.*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, Fidel Mamani – Humberto Sanches *Informe de reservas.*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, Gustavo Duran – Miguel A. Chupillon, *Informe Geologico de exploraciones Regionales.*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, Gustavo Duran – Miguel A. Chupillon, *Informe Geologia mina – Ore Control*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, Oliver Gago – Fernando Cano, *Informe de 'Operaciones Mina*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, York Gutierrez – Juan C. Luque, *Informe Anual de Planeamiento Mina.*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, Percy Lima – Percy Chalco, *Informe de Costos Anuales Mina – Oficina tecnica.*
- Cia. Minera ARUNTANI, Mina Jessica 2013, Jose Chambi – Jorge Valverde, *Reporte de chancado – Planta de chancado 2013-2014.*
- HATCH, Mina Jessica 2013, E. Bollet - M.dias , *Informe Final de cosntruccion de la chancadora Jessica.*