



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
DE MINAS**

Análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el
método de concentración gravimétrica en minera
artesanal de Algamarca.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
BACHILLER EN INGENIERÍA DE MINAS**

AUTORES:

De La Cruz Asalde, Katherine Vanessa (ORCID: 0000-0002-8462-2071)

Monteza Llampén, Harvy Brayan (ORCID: 0000-0002-4307-0637)

Valdivia Castillo, Nahomi Antoinette (ORCID: 0000-0003-0453-1979)

ASESOR:

Dr. Martell Espinoza, Beder Erasmo (ORCID: 0000-0002-4169-9212)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación de Yacimientos Minerales

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso para obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Los autores

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por bendecirnos en la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería de Minas de la Universidad Cesar Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión

Los autores

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Métodos de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS.....	29
ANEXOS.....	36

Índice de tablas

Tabla 1.	Ventajas y desventajas de los equipos de concentración de mineral.....	21
-----------------	--	----

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Tipos de minerales de extracción.....	16
Figura 2. Criterios que consideran para la concentración de minerales	17
Figura 3. Equipos que recomiendan para el uso de este método de concentración.	18
Figura 4. Efectividad del método de concentración gravimétrica.....	18
Figura 5. Impacto en el ambiente del método de concentración gravimétrica.	19
Figura 6. Actividades que realizan	19
Figura 7. Los trabajadores mineros se dedican únicamente a la minería	20
Figura 8. Percepción de los pobladores hacia esta actividad.....	20
Figura 9. Conocimiento con respecto a este tipo de método de concentración gravimétrica.	21

Resumen

El presente informe de investigación tuvo por finalidad realizar un análisis de la recuperación de oro mediante el método de concentración gravimétrica, en minera artesanal Algamarca.

La investigación surgió de la observación del problema vinculado a la mala recuperación de oro en las mineras artesanales e informales de Algamarca, para dicha investigación se trabajó con los trabajadores de la mina artesanal de Algamarca como muestra, bajo el tipo de investigación cuantitativa y un diseño no experimental descriptivo simple.

Para procesar la información se utilizaron métodos analíticos y técnicas como observación, análisis documental y entrevista junto a sus respectivos instrumentos; los implicados fueron ingenieros de la minera artesanal de Algamarca, además se utilizó el programa Google Earth e IBM-SPSS.

Finalmente, se obtuvo como resultado que el concentrador Falcon es mejor equipo para la concentración gravimétrica de oro, los resultados se presentan en tablas e imágenes, que contribuyeron a comprobar la hipótesis: con la realización del método de concentración gravimétrica se puede obtener una mayor recuperación de oro, en la minera artesanal Algamarca. Todo este trabajo permitió concluir que para realizar una mayor recuperación de oro se necesita un mejor método de concentración, tal como lo es el método de concentración gravimétrica.

PALABRAS CLAVE: concentración gravimétrica, densidades, mineral.

ABSTRACT

The purpose of this research report was to perform an analysis of the recovery of gold by means of the gravimetric concentration method, in an artisanal mining company Algamarca.

The investigation arose from the observation of the problem related to the poor recovery of gold in the artisanal and informal mining of Algamarca, for this investigation we worked with the workers of the Algamarca artisanal mine as a sample, under the type of quantitative investigation and a design simple descriptive non-experimental.

To process the information, analytical methods and techniques such as observation, documentary analysis and interview were used together with their respective instruments; Those involved were engineers from the artisanal mining company in Algamarca, and the Google Earth and IBM-SPSS program was also used.

Finally, it was obtained as a result that the Falcon concentrator is the best equipment for the gravimetric concentration of gold, the results are presented in tables and images, which contributed to verify the hypothesis: with the realization of the gravimetric concentration method, a greater recovery can be obtained. gold, in the artisanal mining Algamarca. All this work allowed us to conclude that a better concentration method is needed to carry out a greater gold recovery, such as the gravimetric concentration method.

Keywords: gravimetric concentration, densities, ore.

I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática se presenta explicando la recuperación de oro aluvial en mineras artesanales la cual es procedente de los lavaderos o ríos y es la principal fuente económica y de trabajo de las familias cerca de la zona, para su extracción se usan métodos artesanales para poder elevar y concentrar el contenido de material valioso que se está recuperando, para este tipo de operaciones es necesario trabajar con equipos que den resultados favorables en la obtención del mineral, además de llevar una relación optima con el medio ambiente. Algamarca es uno de los 6 caseríos del distrito de Cachachi el cual pertenece a la provincia de Cajabamba en la región de Cajamarca, se encuentra al sur de Cachachi, por encima de los 3000 msnm. DePeru (s.f.)

Según Huachaca (2017). La recuperación de oro aluvial es de baja ley, y su explotación se puede realizar debido a que los materiales se encuentran sueltos y no requiere de molienda, además de que se usan plantas pequeñas y económicas para su concentración por ende hay evidencias positivas de la recuperación de oro aluvial como se aprecia en la Plataforma Integral de Minería (2018), donde La Asamblea de Boyacá aprobó una inversión de 482 millones de pesos para implementar el programa de formalización minera de la Secretaría de Minas de Boyacá, y a la vez dice que; para la formalización de mineros artesanales e informales se necesita realizar estrategias y mecanismos los cuales admitan mejores condiciones en todos los aspectos, no solo técnicos, sino también laborales y de competitividad para lograr un trabajo responsable con el medioambiente y con los derechos humanos de niños y adolescentes. los cuales se ubican en zonas aledañas donde se practica esta actividad minera. Pese a ello aún existe un problema relacionado con la inadecuada recuperación del oro aluvial el cual dice que por la relativa facilidad de obtención del material aurífero las personas lo practican de manera informal o ilegal por lo que tienen una inadecuada recuperación del oro, ya que lo hacen sin las medidas requeridas para prevenir los impactos ambientales. Esta forma de obtener el oro es practicada en varias regiones de nuestro país por ser una forma fácil de obtener el material aurífero ya que esta forma se aprovecha de la depositación del material aurífero en placeres,

cauces de ríos, etc., además que no requiere de mucha tecnología y de personal calificado, que es provocado por diversas causas como: uso de métodos manuales en su aprovechamiento, la minería ilegal e informal y menor inversión.

Cuando se refiere al uso de métodos manuales en su aprovechamiento, esto se debe al bajo interés de inversión en pequeñas minerías o minerías artesanales, se opta por la recuperación de minerales a través de métodos rudimentarios y mano de obra poca calificada para este tipo de actividades, ya sea en el uso de elementos contaminantes, que exponen al medio ambiente a problemas irreversibles, además de exponer su vida en este tipo de actividades Minería artesanal y en pequeña escala, (2002), y tiene como evidencia en Madre de Dios, en donde los niños realizan el quimbaleteo, en donde tienen que levantar una gran piedra con la cual chancan el mineral, mientras que las madres realizan el pallaqueo el cual consiste en buscar rocas con contenido de oro en los desmontes desechados por los mineros, esta es una actividad complementaria para generar más ingreso cuando los familiares no generan lo suficiente.

Otra evidencia clara, es lo que ocurre en el Amazonas, según Sandoval (2014), comenta que las personas habían sido vistas en la cuenca del río Cenepa ubicado en la provincia de Condorcanqui, fueron hallados con diferentes utensilios tales como baldes, palas, platos y cernidores, se trataba de niños que tenían entre 8 y 12 años de edad los cuales buscaban el preciado metal en las cuencas del río Cenepa. Generalmente estos son niños que son parte de familias que son contratadas por los mineros ilegales.

Por otro lado en el 2010 después de haber rescatado 62 menores de edad de la explotación laboral y sexual de la actividad minera informal e ilegal en Madre de Dios, La titular del MTPE se pronunció diciendo que no iban a dejar que esta situación continúe refiriéndose a los abusos que se cometen en la zona donde se produce esta actividad, donde las niñas son sometidas a abusos en lugares llamados “prostibares” y los niños son usados como mano de obra para lavar el oro teniendo contacto directo con el mercurio. Gestión (2010).

Por su parte Rivera (2007) señala que otro factor del problema es la menor inversión, este tipo de actividades se realizan en minerías abandonadas o en

yacimientos que ya no son provechosas para las convencionales debido a que no son económicamente rentables, para este tipo de minería se usan tecnologías sencillas y uso de insumos accesibles en cuanto al costo, debido a esto se tiene como consecuencia los resultados de recuperación son muy bajas. Una evidencia concreta es lo señalado por el Ministerio del Ambiente (2013), quien habla del Caso Clan Baca – Casas: La familia “Baca Casas” es titular de 18 derechos mineros entre concesiones y petitorios, las cuales están repartidas a nombre propio o a nombre de sus empresas (GOYA E.I.R.L. y S.M.R.L. Chavisa N°3 de Madre de Dios, estos derechos mineros están identificados como pequeño productor minero (PPM), pero están siendo investigados por practicar minería informal por parte de la OEFA por haber desarrollado la actividad minera sin contar con la certificación ambiental correspondiente.

Frente a todo lo expuesto cabe plantearse la siguiente interrogante: ¿Cómo se puede realizar una mayor recuperación de oro aluvial en la minera artesanal Algamarca? Para ello, la presente investigación, busca realizar un análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica, en minera artesanal Algamarca., y para tal fin se formularon los siguientes **objetivos específicos**: evaluar la recuperación de oro mediante el método de concentración gravimétrico; determinar el método gravimétrico como alternativa para controlar el deterioro ambiental de los suelos del lugar de investigación; y estudiar la evaluación de los equipos adecuados para el tratamiento de oro aluvial.

Con el cumplimiento de los objetivos planteados, se logra comprobar la **hipótesis** que con la realización del método de concentración gravimétrica se puede obtener una mayor recuperación de oro aluvial, en la minera artesanal Algamarca.

Los motivos que impulsan la ejecución del presente trabajo de investigación son de carácter académico, y legal. Académico ya que hay un interés de los participantes en analizar un problema que será abordado desde el campo científico, recurriendo a diversas metodologías y técnicas e instrumentos para reconocer a profundidad la problemática. Es legal, porque será imprescindible recurrir al marco legal competente que permita determinar las normas a las que deben de adaptarse los mineros artesanales, para la aplicación idónea de la ley del caso expuesto.

II. MARCO TEÓRICO

Roberto (2015) realizó en México una investigación titulada “Recuperación gravimétrica de Au en el proceso de flotación de sulfuros masivos”, cuyo objetivo es determinar si es posible recuperar Au gravimétricamente con muestras tomadas de los circuitos de flotación de una Unidad Minera, concluyendo que por medio de pruebas que se hicieron concentrando oro, demostraron que aún es posible la concentración de oro gravimétricamente, el cuál es un proceso factible el cuál intenta recuperar el 30% del oro que se viene perdiendo en este proceso.

Concha (2007) realizó en Colombia una investigación titulada “Estudio de la concentración gravimétrica de minerales auríferos en un Jig de laboratorio”, con el propósito de aplicar el JIG ubicado en el laboratorio de metalurgia de INGEOMINAS para concentrar un agregado mineral, concluyendo que se hicieron varias pruebas con distinta granulometría del mineral, teniendo en cuenta variables de respuesta como la recuperación del material pesado y el rendimiento de concentración, al pasar las pruebas, y analizarlas, la granulometría del mineral tuvo un impacto significado para el porcentaje de recuperación al aplicar el Jig en la concentración de oro.

En Perú, Lobe (2018) realizó una investigación titulada “Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de inguro (Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental” con el propósito de determinar si la magnetita y oro libre en los suelos aluviales del C.P. Inguro (distrito Bellavista, provincia Jaén y departamento Cajamarca) pueden extraerse por el método gravimétrico, como alternativa ambiental, y en el que se concluye que, al utilizar el método gravimétrico para la concentración, se logra incrementar la recuperación tanto de oro (de 71% a 74%) como de la magnetita (de 73% a 74%), por lo que al utilizar este método no solo se incrementa la recuperación si no también es una alternativa para controlar el impacto ambiental ya que este método no utiliza tóxicos como el mercurio o el cianuro.

En Tacna, Navarro (2017) realizó en una investigación titulada “Estudio de la recuperación de oro aluvial en concentrador Falcon en la cooperativa minera Limata Ananea – Puno” con el fin de estudiar la recuperación de oro aluvial mediante

gravimetría usando el concentrador centrífugos Falcon, en el que concluyó logrando incrementar la extracción del oro de 35% a 64%.

Cerrón (2014) realizó en Perú una investigación titulada “Implementación del concentrador gravimétrico-centrífugo “iCon” a planta de cianuración aurífera”, cuya finalidad es evaluar la recuperación de oro, con la implementación del concentrador gravimétrico-centrífugo iCON i350, en una Planta de Beneficio de Minerales con proceso de cianuración concluyendo que, al implementar el equipo ICON i350 de concentración gravimétrica centrífuga a la planta de cianuración, se logró aumentar la recuperación total de 93% a 94%.

Chaucayanqui realizó en Lima (2012) un investigación titulada “Modelo de planta piloto para recuperación del oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales” orientándose a proponer un modelo de planta piloto de 25 TMD para recuperación del oro de la pequeña minería y así minimizar impactos ambientales, concluyendo que El modelo de planta piloto propuesto es rentable en todos los aspectos (técnicos, económicos, medioambientales y sociales) teniendo en cuenta que se debe aplicar la concentración gravimétrica Falcón combinándolo con cianuración, siendo así el método más limpio.

En cuanto a la variable independiente, **en la minería artesanal y en pequeña escala del Perú (MAPE)** en los últimos 30 años ha incrementado el número de empleados. En gran parte la crisis económica y agrícola motivó esta expansión, además de que a finales de los 80 el precio de los minerales tuvo un alza y existía escasez de oportunidades laborales en otros sectores. (Álvarez y Aroca 2015).

Estos mineros artesanales están ubicados en zonas minerales que por lo general han sido explotadas de forma tradicional y también en minas abandonadas que cuando han estado activas generalmente han tenido problemas de rentabilidad por lo cual han sido cerradas, y cuando se quería reabrir esta mina, se necesitaría de grandes cantidades de dinero, lo cual no se pudo sintetizar ya que si bien es cierto existen altas cantidades de oro, sin embargo, sus reservas no son suficientes como para obtener de vuelta la gran cantidad de dinero invertido, es por ello que las operaciones artesanales abundan en aquellos yacimientos. (Álvarez y Aroca 2015).

Las magnitudes de las mineras actualmente están clasificadas en minería artesanal, pequeña minería, mediana minería y gran minería lo cual está en función del tamaño de su área de concesión y su capacidad productiva, lo cual está mejor detallado en el anexo N° 4.

Para obtener las especies mineralógicas con valor económico de interés es necesario concentrar el mineral, esto se conoce como proceso de la **concentración** que, según Bustamante, Gaviría, Restrepo (2008) dice que el proceso de concentración tiene como principal objetivo aumentar en porcentaje la concentración del mineral tratado mediante el uso de diferentes métodos de concentración para poder separar las especies mineralógicas y así poder dar una especie mineralógica con mayor grado de interés.

Como toda industria, la recuperación de oro aluvial tiene **posibles impactos ambientales**, por ello Lobe (2018) dice que para este tipo de trabajos a desarrollar primero se debe realizar un estudio de impacto ambiental previo en el cual se evalúen los posibles problemas que este podría ocasionar en la recuperación de oro aluvial y ver la manera de como contrarrestar este impacto debido a este tipo de operación.

Entre los métodos de concentración encontramos a la **concentración por amalgación** el cual es uno de los métodos más antiguos de concentración el cual consiste en extraer el oro y la plata por medio del mercurio, el cual capta el mineral formando una amalgama, la cual luego pasara por el proceso de destilación para poder adquirir lo que es el dore, este proceso hoy en día ya no es usado con frecuencia ya que el uso de mercurio para su concentración trae grandes problemas para la salud y el medio ambiente, es un procedimiento sencillo, eficaz y de bajo costo. (Hinojosa, 2016), otro método utilizado en grandes mineras es la **concentración por flotación**, este método es uno de los mejores para el proceso de concentración en especial si esta viene asociada con otro tipo de mineral o a partículas de oro fino, su proceso hace uso de reactivos las cuales depende del tipo de mineral a recuperar en este proceso, para este tipo de concentración se tiene en cuenta el tamaño del mineral y la asociación de otros tipos de minerales. (Hinojosa, 2016). Y por último encontramos al **método de concentración gravimétrica** el cual es una alternativa para controlar el deterioro ambiental, la

clave para este tipo de métodos son las densidades que pueden presentar los diferentes tipos de minerales, ya que si mayor es su densidad de otras especies, su recuperación va ser mucho mejor, para este método es necesario el uso de diferentes equipos para su mejor recuperación. (Hinojosa, 2016). Por otro lado, Concha (2007) afirma que es el método de disociación de dos o más especies que constan de diferentes pesos específicos, esto se debe a los movimientos producidos en el aire o en el agua como resultado a las fuerzas de gravedad de transporte y esfuerzo. Es uno de los métodos más adecuados en la minería ya que no usa ningún tipo de reactivo contaminante, solo usa el agua, que a su vez puede ser reutilizable luego de su clarificación, además sirve para diferentes tipos de minerales y consta con bajos costos en operación.

Entre las **maquinas que se utilizan para la concentración gravimétrica**, debido a que son más convenientes y accesibles en la minería a pequeña escala, tenemos: **mesas concentradoras** las cuales presentan un flujo laminar encima de una superficie inclinada, estas son mesas vibratorias en donde, las partículas de mineral se distinguen debido a su peso específico (Navarro, 2017). Es un equipo que permite separar las partículas con valor económico de aquellas que no presentan valor económico suficiente para su extracción. (Aguilar y Corella, 2016).

Entre los **tipos de mesas concentradoras** tenemos a las mesas **Wilfley** que separa minerales en base a su diferencia de densidades, empleando la gravedad y la fuerza centrífuga, su efectividad está en función de la uniformidad de la carga de alimentación y la densidad de la pulpa. (Marinho et al, 2019). Por otro lado encontramos a las mesas **Deister** que presentan la misma funcionalidad que las mesas Wilfley, pero se diferencian por el mecanismo del cabezal, la forma de la superficie y el tipo de rifles. (Aguilar y Corella, 2016).

En general, entre las **ventajas de las mesas concentradoras** tenemos: constante descarga de productos, obtención de diversos productos, visibilidad de la conducta del mineral en la superficie de la mesa, bajos costos de producción, gran flexibilidad, forma de operar y supervisar relativamente simple (t/h), recuperación de más de un mineral valioso, condiciones de trabajo altamente seguras, recuperación y razón de enriquecimiento altos y bajo consumo de recursos (energía y agua) (Valderrama, 2008). Por otro lado, las **desventajas de las mesas**

concentradoras son: altos costos de instalación, carga de alimentación constante debido a que las cejas podrían cambiar de ubicación en el tablero, demandan control constante y que demandan motor. (De Souza, 2018)

Otro equipo para la concentración gravimétrica son las **canaletas** que son utilizadas para concentrar el oro aluvial utilizando poca de agua, está conformada por un clasificador, el cual es un cajón tipo tolva, encargándose de recibir la carga de mineral; también se encuentra conformada por una canaleta inclinada de madera con rejillas, la cual surge por la parte inferior del cajón, cuya pendiente está en función al tamaño de la carga de alimentación. (Navarro, 2017)

El material de carga y el agua de lavado se agregan de forma manual, es por ello que requiere de diverso personal, de tal manera que aprovechen la capacidad de la criba oscilante, se necesita una persona para la extracción del mineral bruto, otra persona que realice el transporte del mineral a la criba oscilante y descargarlo a una tolva, otra para zarandear la criba, y por ultimo una persona que agregue el agua (asimismo puede hacer uso de manguera). (Navarro, 2017)

Entre las **ventajas de las canaletas**: costos muy bajos, alta cabida (en minería aluvial), construcción local, fácil operación, recuperación optima de oro fino (siempre y cuando haya un buen diseño y manejo), índice de concentración alto, recupera oro sucio o parcialmente entre crecido, capaz de realizar la limpieza de las colas de amalgamación y no requiere motor, por lo tanto no habrán emisiones de CO₂ hacia el ambiente, entre las pocas **desventajas de las canaletas** tenemos que requiere de mucho personal y su escasa recuperación de sulfuros auríferos en minería primaria. (Quilla, 2019)

El JIG, es otro equipo de concentración gravimétrica, usado para minerales pesados y en la minería aurífera, separando de acuerdo a su peso específico, es un equipo que utiliza las corrientes verticales para concentrar minerales. La división de minerales con distintos pesos específicos es realizada en una cama, recibiendo un flujo de agua por pulsación, de manera que en ella se forman estratos de mineral. (Ospina et al, 2016)

Tiene como **ventajas**, su versatilidad, construcción local, alta cabida (capaz de utilizarse en minería aluvial), costos muy bajos, recuperación óptima de oro, así

como minerales pesados acompañantes, ya sea sulfuros en minería primaria, diamantes en minería aluvial, también recupera oro sucio o parcialmente entrecido además de recuperación óptima de oro laminado y constante descarga de productos (continua), por otro lado sus **desventajas** son la demanda de personal experimentado para su operación, la demanda de un motor y la necesidad de agua saneada. (Ávila, 2017)

Los **espirales de concentración**, se basa en una canaleta helicoidal con cuatro a siete vueltas. Esta se compara con el funcionamiento de una batea cónica, en la cual las partículas livianas son desplazadas como consecuencia del agua hacia los costados, mientras que las partículas pesadas se concentran en la parte céntrica. (Gómez, 2011)

Las fuerzas centrífugas actúan sobre la pulpa, de tal manera que conducen al mineral más liviano hacia la parte exterior de la espiral, mientras que el mineral pesado continúa interiormente. (Merchán y Monsalve, 2019)

Como **ventajas**, adquiere una variedad de productos, se tiene visibilidad del proceso, se consigue una óptima recuperación de oro fino y sulfuros, fácil operación, descarga los productos en manera constante, cuenta con una gran cabida, no necesita de motor y tiene un precio moderado. Las **desventajas de los espirales** es que requiere material de carga con un tamaño menor a 1mm, tiene un escaso índice de enriquecimiento (por ello se utiliza mayormente en la pre concentración), requiere una altura de 4m entre la carga del mineral y descarga (ya sea de manera natural o con bomba) y la elaboración local muy dificultosa. (Reinoso, 2019)

Finalmente, los **concentradores centrífugos** son equipos utilizados para la concentración gravimétrica de oro, ya sea en circuitos de molienda para llevar a cabo la separación de oro libre y así impedir la sobre molienda, así como también previo a plantas de cianuración o flotación para lograr la recuperación de oro grueso. Además, se utiliza en minería aurífera aluvial. Los concentradores centrífugos en su totalidad se trabajan con el mismo principio: esencialmente, un recipiente que gira se encarga de realizar la separación gravitacional del mineral en un campo centrífugo. (Aramburú et al, 2017)

Entre los **tipos de concentradores centrífugos** encontramos al **concentrador Knelson** que es un equipo que se basa en un cono acanalado que rota con velocidades elevadas. Tiene una alimentación de una pulpa con 25 % de sólidos aproximadamente, la cual es realizada por un conducto que se encuentra en la parte central del cono. Se retiene el concentrado en el cono hasta ser limpiado, por otro lado, las colas; que lo conforman partículas ligeras y también partículas que forman parte de ganga, salen por la parte superior. Las partículas pesadas son llevadas a la parte externa de las paredes, en tanto las partículas ligeras son conducidas fuera por el agua de lavado. (Neiva y De Vilhena, 2020). Este cuenta con algunos parámetros operacionales tales como: Porcentaje de sólidos y la presión de agua de fluidización, el tamaño de grano de la mena; que tiene un límite de 6 mm, no tiene un límite mínimo señalado (según los fabricantes) y la razón másica. (Sen, 2010)

Como otro tipo de concentrador centrífugo encontramos a los **concentradores Falcon**, presenta un campo centrífugo aproximadamente de cinco veces mayor al Knelson, el concentrador Falcon se fundamenta como bolo cilíndrico – cónico, el cual gira con una velocidad excesiva al interior de una camisa fija que tiene como finalidad juntar el relave. La pulpa es alimentada en la parte inferior del cono, es acelerada y se va estratificando en el momento que sube en el rotor. Es utilizado para la separación de minerales de hierro, tantalio, carbón, sulfuros y metales nativos. (Vilcapoma y Chavez, 2014). Los parámetros operacionales en el uso del concentrador Falcon son: proporción de sólidos en la carga de alimentación y su tamaño, y además la geometría del rotor es un componente crítico en la práctica del equipamiento; ya que depende del tipo de mena. (Julca y Ortiz, 2017)

En general las **ventajas de los Concentradores Centrífugos** son: la recuperación mayor a 70 %, el alta cabida de tratamiento, su diseño como dispositivo muy compacto, índice de enriquecimiento alto, hace uso de agua bajo, incorporación de reservas actualmente no incluidas a los programas de producción y el impacto ambiental mínimo, ya que no emplea reactivos y no manifiesta emanaciones gaseosas de contaminantes. (Huarecallo, 2019)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación. Básica, según Concytec (2018) estas investigaciones tienen como propósito verificar las teorías y estudiar el vínculo que existen entre las variables de estudio, para que luego estas sean analizadas y comprendidas.

Diseño de investigación. Según Sampieri, Fernández y Baptista (2014) es de diseño no experimental, transversal explicativo, ya que se recolectará datos en un único momento en el lugar de estudio.

3.2. Variables y Operacionalización

Variable independiente:

Recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica

Definición conceptual

- Es uno de los métodos más adecuados en la minería ya que no usa ningún tipo de reactivo contaminante, solo usa el agua, que a su vez puede ser reutilizable luego de su clarificación, además sirve para diferentes tipos de minerales y consta con bajos costos en operación. Concha (2007)

Definición operacional

- Esta variable será evaluada a través de los siguientes aspectos: métodos de concentración y equipos de concentración gravimétrica.

Indicadores

Los indicadores utilizados para clarificar y definir de forma más concreta nuestros objetivos planteados en el trabajo de investigación, fueron los siguientes: referente a los métodos de concentración, la concentración por amalgamación, flotación y gravimétrica; y por otro lado los equipos de concentración gravimétrica los cuales

son las mesas concentradoras, canaletas, JIGS, espirales, concentradores centrífugos.

Escala de medición

Permitió el análisis de datos de un atributo a partir de un conjunto de valores, para la realización de este trabajo de investigación. Se ha considerado la escala de medición nominal.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

De acuerdo al trabajo de investigación la población está conformada por todos los trabajadores que forman parte de todas las mineras artesanales del caserío de Algamarca, distrito Cachachi, ubicada en la provincia de Cajabamba.

- **Criterios de inclusión:**

- Los trabajadores con un año de experiencia en el rubro de la minería artesanal.
- Los trabajadores que deseen participar voluntariamente.
- Los trabajadores que tienen disponibilidad de tiempo.

- **Criterios de exclusión**

- Los trabajadores con poca experiencia en este tipo de minería que se desarrolla.
- Los trabajadores que no deseen participar voluntariamente.
- Los trabajadores que no tienen disponibilidad de tiempo.

Muestra

Para Quinteros (2012), la muestra es un subconjunto de la población, que recoge todas las características importantes. La muestra lo constituyen los trabajadores de la mina artesanal de Algamarca.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se entiende como el conjunto de reglas y procedimientos que le permiten al investigador establecer, la relación con el objeto o sujeto de investigación, esto se hace con el fin de recolectar datos, los cuales más adelante se pueden usar como herramienta de análisis.

- **Técnica de análisis documental:** consiste en un conjunto de operaciones para representar el contenido de un documento de una forma diferente de su forma original, dando lugar a un subproducto o documento secundario que es el instrumento de búsqueda entre el documento original y la persona que solicita la información. (Castillo, 2004).
- **Técnica de observación:** esta es una técnica fundamental en un trabajo de investigación, de esta se extrae la mayor cantidad de datos, consiste en observar fenómenos, personas, casos, hechos, objetos, acciones, etc., con la finalidad de obtener la información necesaria para una investigación. (Díaz, 2010).
- **Entrevista:** tiene como objetivo recolectar información mediante una guía de entrevista aplicada a una muestra de individuos. (Morga, 2012)

Instrumentos

Los instrumentos son aquellos que se aplican en un momento en particular con la finalidad de buscar información que será de mucha importancia para la investigación. Para este trabajo de investigación se tuvo en cuenta los siguientes instrumentos:

- **Guía de análisis documental:** Se revisó diferentes bibliografías como base para este trabajo de investigación.
- **Guía de observación:** Se utilizó una guía de observación donde se caracterizó el contexto de esta actividad minera. (ver anexo 3)

- **Guía de entrevista:** Se utilizó una guía de entrevista la cual se empleó para que sea respondida por los trabajadores de la minera artesanal Algamarca para saber el conocimiento que tiene acerca de los métodos de recuperación de oro aluvial. **(Anexo 2)**

Validez

La validez del presente informe de investigación se determinó mediante los instrumentos de recolección de datos, los cuales han sido evaluados por expertos en estos temas. **(Anexo 5)**

3.5. Procedimientos

- **La primera etapa** consistió en la organización del trabajo de investigación y evaluar la realidad de la zona.
- **La segunda etapa** consistió en la aplicación de las encuestas para el recojo de datos, en los cuales se hace evidencia los métodos utilizados para la recuperación de oro **(Anexo 4)**.
- **La tercera etapa** consistió en el procesamiento de los datos obtenidos mediante las encuestas a los trabajadores de la mina Nueva Esperanza.

3.6. Métodos de análisis de datos

Método analítico: ya que se efectuó en base a la descomposición de un todo, separándolo en varios elementos para lograr determinar y estudiar las causas, su naturaleza y sus efectos. Para el procesamiento de los datos se utilizó el método de análisis, pruebas de hipótesis y las técnicas de tratamiento estadístico, para lo cual se usó MS Excel y el software IBM SPSS.

Con la información procesada y ordenada se pudieron realizar gráficos los cuáles permitieron analizar de mejor manera los resultados obtenidos, los cuales ayudaron a interpretar la información bibliográfica recaudada con base en los planteamientos teóricos, los cuáles son base de la investigación realizada.

3.7. Aspectos éticos

Según las normas establecidas por la Universidad Cesar Vallejo, las cuales regulan las buenas prácticas y aseguran los principios éticos de un proyecto de investigación, garantizando el bienestar y autonomía de los participantes, los aspectos éticos a tomar en cuenta son los siguientes: Autonomía, Respeto por las personas en su integridad, Honestidad, Responsabilidad.

- **Autonomía**

Recojo de información de diferentes fuentes, teniendo en cuenta los autores correspondientes a sus investigaciones, haciendo uso de citas textuales y citas parafraseadas, de modo que se diferencian las aportaciones ajenas a la investigación de las aportaciones propias.

- **Respeto por las personas en su integridad**

Respetar el anonimato de los colaboradores, por ética de las respuestas que puedan brindar de forma sincera con respecto al proyecto de investigación.

- **Honestidad**

Ya que la transparencia de la investigación, en la difusión de los hechos investigados, de tal manera que sea posible la obtención de resultados repetitivos en caso de que otros investigadores deseen corroborar los hechos conocidos mediante nuevos estudios.

- **Responsabilidad**

La investigación se ha realizado con el cumplimiento de los requisitos éticos, legales y de seguridad, respetando las condiciones y términos que se han establecido en los proyectos de investigación.

IV. RESULTADOS

Los datos obtenidos a través de las encuestas aplicadas fueron procesados y analizados, para dar respuesta a los objetivos trazados, de esta manera los resultados son los que se presentan a continuación:

4.1. Análisis de la situación de la minera artesanal Algamarca en relación de su método de recuperación de oro aluvial

El instrumento aplicado para este objetivo fue de una guía de observación, donde los puntos más resaltantes que se reconocieron a favor fueron; la presencia de ríos cercanos, no hay contaminación de suelos, vías accesibles hacia la minera artesanal; como puntos en contra se tiene que utilizan métodos manuales, presencia de zonas de cultivo, no todos los equipos están en buen estado, además no usan los equipos de protección personal requeridos para este tipo de actividades y como observaciones tenemos que hay cultivo de trigo , así como son responsables al realizar este tipo de actividades.

4.2. Propuesta del método gravimétrico como alternativa para controlar el deterioro ambiental de los suelos del lugar de investigación.

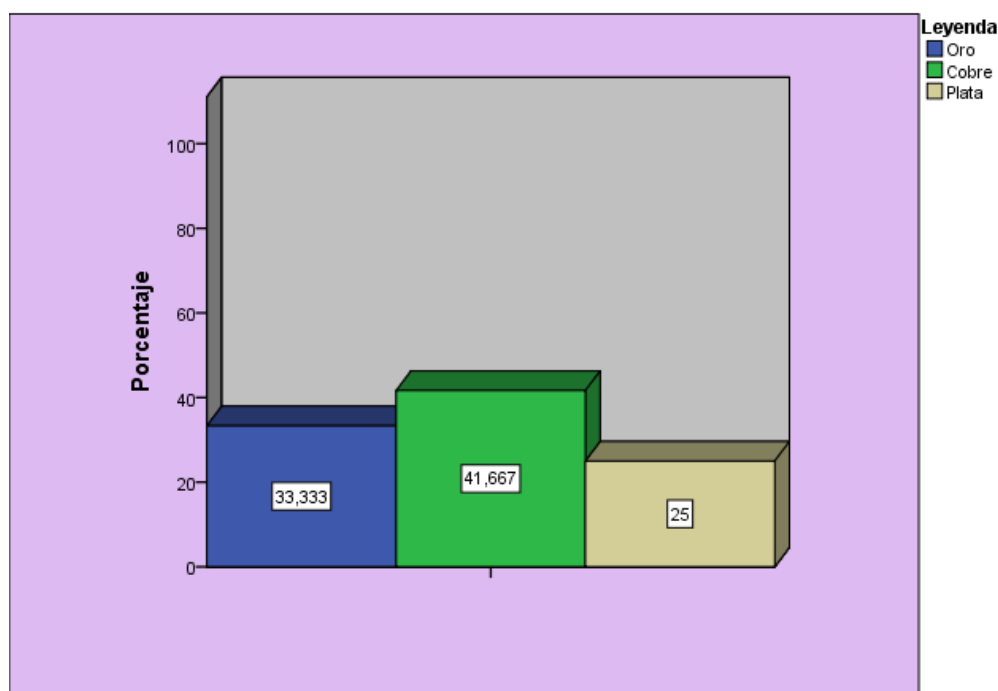


Figura 1. Tipos de minerales de extracción

Figura 01. Tipos de minerales de extracción

En base a la encuesta y cómo se puede ver en el gráfico la siguiente información corresponde a los diferentes tipos de minerales que explotan en el socavón del nivel 2 “Nueva Esperanza” que tiene como principal mineral de extracción el cobre de menas de calcopirita.

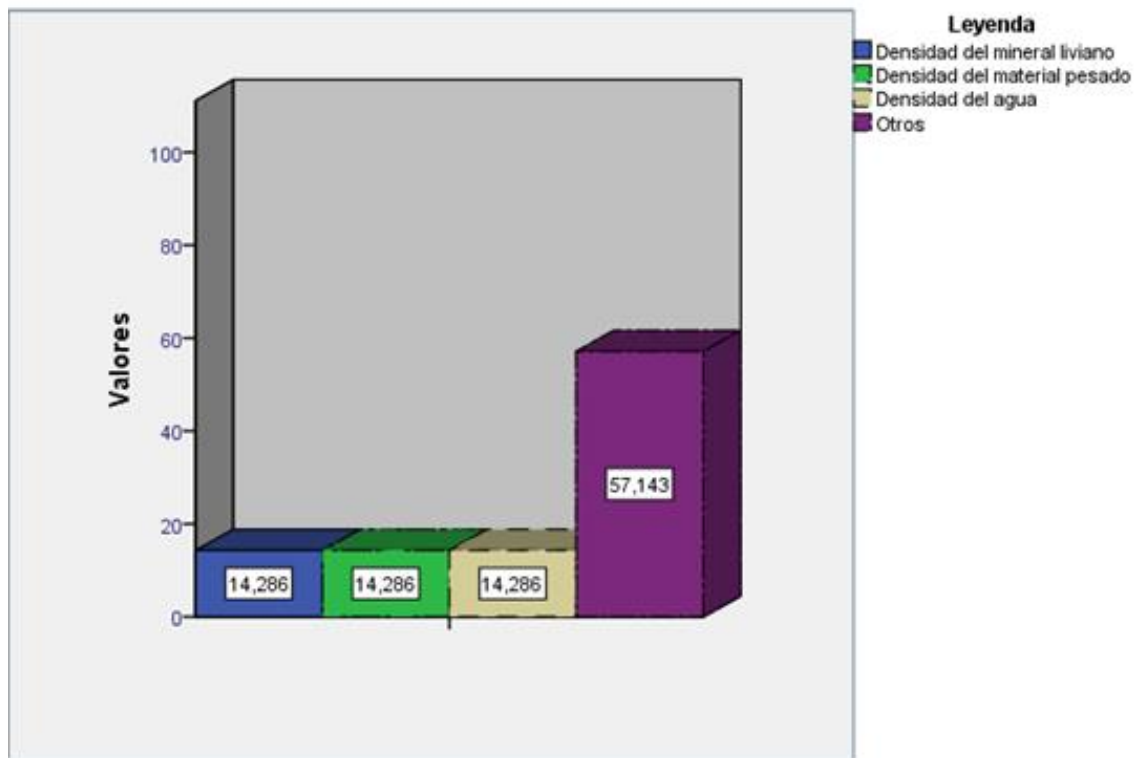


Figura 2. Criterios que consideran para la concentración de minerales

En el cuestionario se incluyó una lista de criterios que se utilizan para la concentración de mineral y se pidió a los encuestados marcar los criterios que consideraban para la concentración de este tipo de mineral, obteniendo que la densidad del agua es el criterio que ellos consideraban mucho más importante en este tipo de proceso.

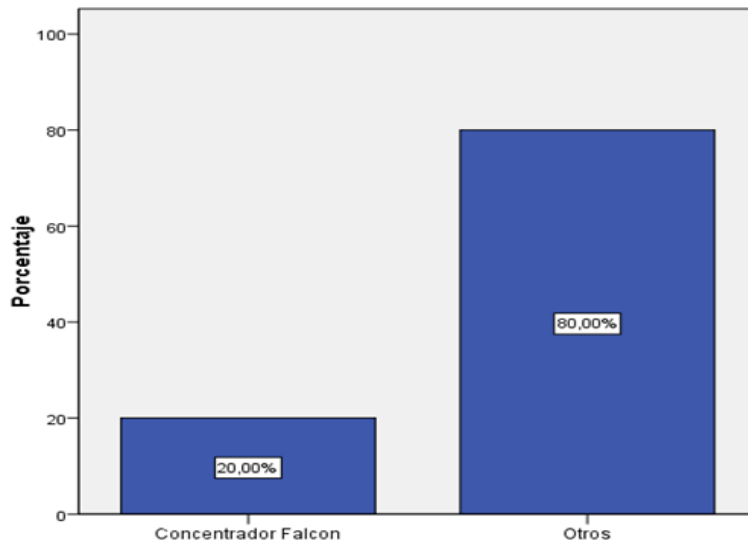


Figura 3. Equipos que recomiendan para el uso de este método de concentración.

Es evidente que los ingenieros encuestados consideran otros equipos, ya que consideran otros métodos para la concentración del mineral extraído, sin embargo hubo un 20% que considera al concentrador Falcon como el equipo de mayor efectividad en el proceso de concentración gravimétrica.

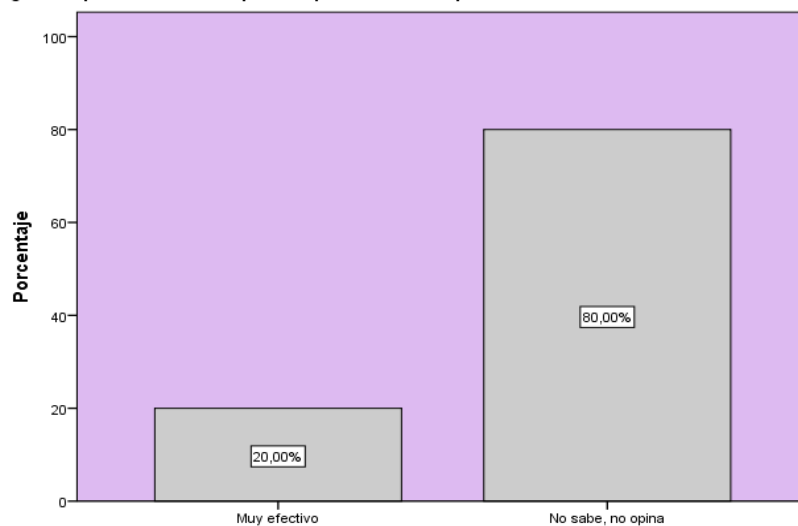


Figura 4. Efectividad del método de concentración gravimétrica.

Muchos de los ingenieros encuestados no conocían sobre este tipo de método de concentración, por lo cual evitaban opinar con respecto a esto, sin embargo, otros consideraban que era un método muy efectivo para la concentración de oro.

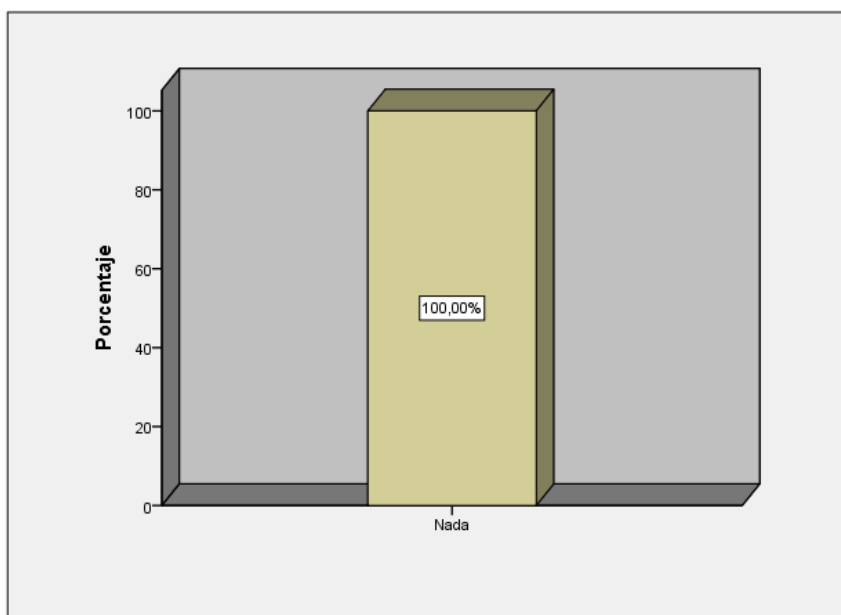


Figura 5. *Impacto en el ambiente del método de concentración gravimétrica.*

Los resultados nos dan a conocer que este tipo de método para la concentración de oro no tiene ningún tipo de impacto o repercusión en el ambiente.

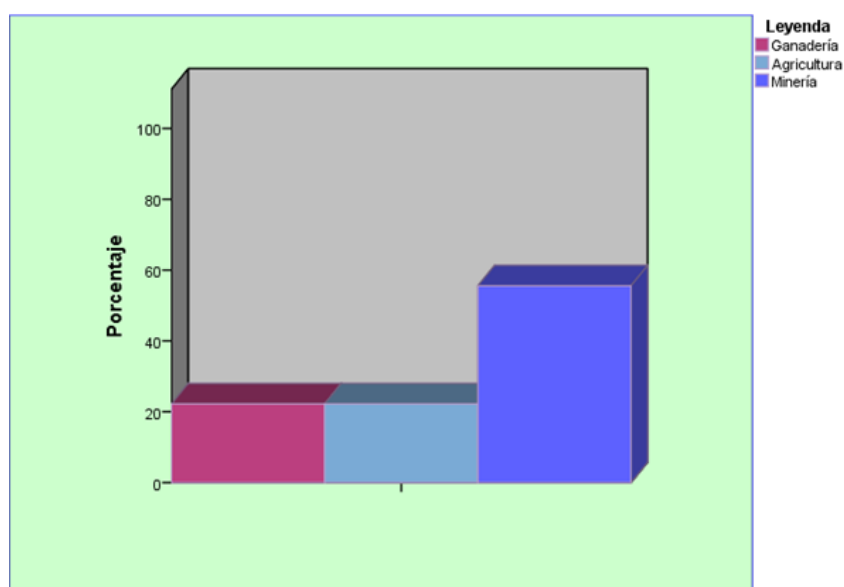


Figura 6. *Actividades que realizan*

En Algamarca las actividades que desarrollan son la ganadería, agricultura y la minería; pero la actividad que es la principal fuente de trabajo en este centro poblado es la minería.

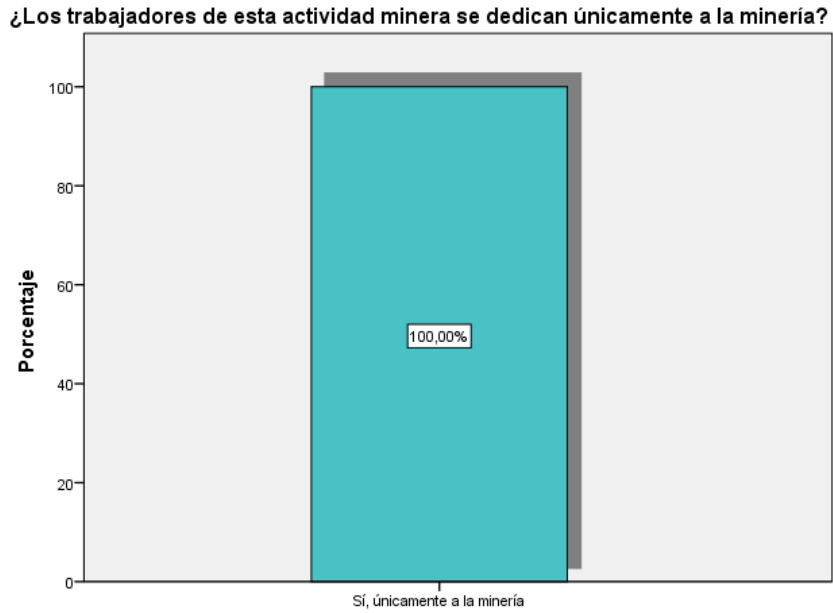


Figura 7. Los trabajadores mineros se dedican únicamente a la minería

Como resultado tenemos que los trabajadores que se desenvuelven en este tipo de trabajos mineros solo se dedican a desarrollar este tipo de actividad.

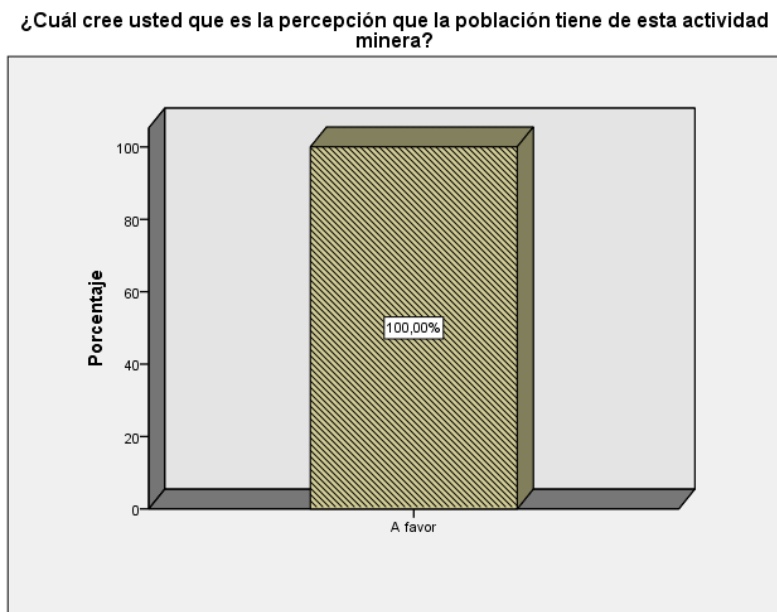


Figura 8. Percepción de los pobladores hacia esta actividad.

Los pobladores del centro poblado de Algamarca están de acuerdo con el desarrollo de esta actividad minera.

¿Conoce el método de concentración gravimétrica, qué piensa acerca de esta forma de concentrar para la posterior recuperación?

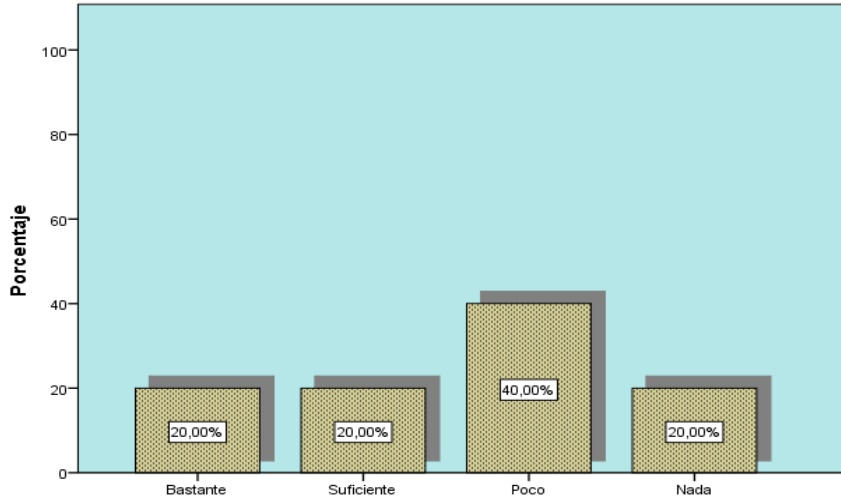




Figura 9. Conocimiento con respecto a este tipo de método de concentración gravimétrica.




La mayor parte de los ingenieros tenían muy poco conocimiento con respecto a este tipo de método y otros no conocían de este método de concentración.

4.3. Estudio de los equipos adecuados para el tratamiento de oro aluvial

Para lograr estudiar estos equipos se revisó algunas bibliografías obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los equipos de concentración de mineral

Equipos	Ventajas	Desventajas
Mesas concentradoras 	Bajos costos de producción Recuperación de más de un mineral valioso	Altos costos de instalación. Requiere supervisión continua.
Canaletas 	Muy bajo costo. Gran capacidad (en minería aluvial).	Necesita mucha mano de obra. Baja recuperación de sulfuros auríferos en minería primaria.

<p>JIGS</p> 	<p>Alta capacidad (apto para minería aluvial).</p> <p>Bajo costo.</p>	<p>Requiere mano de obra experimentada para su operación.</p> <p>Requiere agua limpia.</p>
<p>Espirales</p> 	<p>Alta capacidad</p> <p>Precio moderado</p>	<p>Bajo grado de enriquecimiento</p> <p>Necesita material de alimentación menos 1mm.</p>
<p>Centrífugos (Falcon)</p> 	<p>Buena recuperación, generalmente >70 %.</p> <p>Menor impacto ambiental por no emplear reactivos ni tener emanaciones gaseosas de contaminantes, además de poder reutilizar el agua.</p>	<p>Utilización de grandes cantidades de agua.</p>

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la comparación de estos equipos, en cuanto a sus ventajas hay una leve diferencia entre todos, diferenciándose en su diseño y forma de trabajar, ya que equipos como las canaletas necesitan de otro para lograr cumplir con la meta demandando más inversión. Al observar las desventajas notamos que no todos tienen a la utilización necesitan agua como una desventaja en sí, aunque si bien es cierto todos estos equipos trabajan con agua, diferenciándose un equipo del resto, el concentrador centrífugo Falcon puede reutilizar las grandes cantidades de agua que ha empleado anteriormente ya que no necesita de agua limpia como es el caso de los JIGS, pero en términos generales lo que les diferencia en este aspecto es su concentración y manipulación, además de la asociación de equipos para lograr concentrar efectivamente.

V. DISCUSIÓN

Los resultados confirman la hipótesis planteada que con la realización del método de concentración gravimétrica se puede obtener una mayor recuperación de oro, en vista que al aplicar este método, se logra incrementar el porcentaje de concentración y por lo tanto se aumenta la recuperación tal como lo confirma Lobe (2018) en donde señala que al utilizar el método gravimétrico para la concentración, se logra incrementar la recuperación tanto de oro (de 71% a 74%) como de la magnetita (de 73% a 74%), por lo que al utilizar este método no solo se incrementa la recuperación si no también es una alternativa para controlar el impacto ambiental ya que este método no utiliza tóxicos como el mercurio o el cianuro, pero para realizar un buen trabajo en armonía con el medio ambiente, es necesario hacer estudios previos, tal y como Lobe (2018) refiere, para este tipo de trabajos a desarrollar primero se debe realizar un estudio de impacto ambiental previo en el cual se evalúen los posibles problemas que este podría ocasionar en la recuperación de oro aluvial y ver la manera de como contrarrestar este impacto debido a este tipo de operación, para ello se debe desarrollar un plan de Manejo Ambiental, para poder mitigar y evitar algún tipo de problema ambiental que podría generar la realización de este proyecto de concentración tanto a corto como a largo plazo.

La concentración a través del método gravimétrico puede aumentar la recuperación de oro pero en minería a pequeña escala, es por eso que en las industria minera a gran escala, no se oye mucho de este método que, por sus características puede ser usado en la recuperación de oro aluvial, pero no es usado por los mineros artesanales por diferentes motivos, uno de estos viene a ser la demanda de inversión y su uso tradicional de métodos como la amalgación en dónde no solo contaminan el ambiente con el uso del mercurio, si no también exponen sus vidas y de los pobladores que se encuentran a los alrededores de donde se practica esta actividad.

En los últimos años las mineras artesanales han ido tomando más importancia sobretodo en nuestro país, Algamarca es un centro poblado en la provincia de Cajabamba, el cuál es caracterizado por ser una ciudad minera desde antaño, en

donde opera la empresa minera AMASBA la cual está en proceso de formalización, en esta minera se pudo observar escasos niveles de contaminación, presencia de trabajadores que rondaban los 30 años de edad y aceptación de la minera por parte de la población, estos resultados no eran de esperarse ya que se trata de una minera artesanal que hace labores manuales con escasos recursos tecnológicos, por otro lado se observó maquinarias como vagonetas impulsadas por fuerza bruta de uno o más trabajadores, así como la presencia de ríos, zonas de cultivos, usos escaso de los equipos de protección personal y por qué no decirlo métodos manuales para su operación que en sí no los tienen bien definidos así como su método de concentración, las vías de acceso para la unidad minera hasta cierto punto son accesibles, luego es prácticamente imposible llegar con algún vehículo, estos resultados eran de esperarse dado que recién están en proceso de formalización tal y como lo afirma Minería Artesanal y en Pequeña escala (2002) que debido al bajo interés de inversión en pequeñas minerías o minerías artesanales, se opta por la recuperación de minerales a través de métodos rudimentarios y mano de obra poca calificada para este tipo de actividades, ya sea en el uso de elementos contaminantes, que exponen al medio ambiente a problemas irreversibles, además de exponer su vida en este tipo de actividades.

A esto se suma lo que indica Álvarez y Aroca (2015) sobre el origen de los mineros artesanales que están ubicados en zonas minerales que por lo general han sido explotadas de forma tradicional y también en minas abandonadas que cuando han estado activas generalmente han tenido problemas de rentabilidad por lo cual han sido cerradas, y cuando se quería reabrir esta mina, se necesitaría de grandes cantidades de dinero, lo cual no se pudo sintetizar ya que si bien es cierto existen altas cantidades de oro, sin embargo, sus reservas no son suficientes como para obtener de vuelta la gran cantidad de dinero invertido, es por ello que las operaciones artesanales abundan en aquellos yacimientos.

El principal mineral de extracción de la minera artesanal de Algamarca es la de cobre que proviene de la mena de calcopirita, para la concentración de este mineral el criterio más importante a evaluar es el de la densidad del agua y los equipos que ellos usan son con respecto a otros tipos de métodos de concentración, sin embargo para el método de concentración gravimétrica el equipo con mayor

efectividad es el concentrador Falcon el cual tiene mayor efectividad para la concentración gravimétrica, el cual no tiene ningún tipo de impacto o repercusión en el medio ambiente, esto lo corrobora Lobe (2018) quien señala que al usar el método gravimétrico para recuperar el oro es una excelente alternativa para controlar el impacto ambiental, al no utilizar reactivos tóxicos para su recuperación, por lo cual no genera ningún tipo de rechazo hacia estas actividades mineras por parte de los pobladores, convirtiéndose así en una de sus principales fuentes de trabajo para los pobladores de este centro poblado. Asimismo, Concha (2007) afirma que es el método de disociación de dos o más especies que constan de diferentes pesos específicos, esto se debe a los movimientos producidos en el aire o en el agua como resultado a las fuerzas de gravedad de transporte y esfuerzo. Es uno de los métodos más adecuados en la minería ya que no usa ningún tipo de reactivo contaminante, solo usa el agua, que a su vez puede ser reutilizable luego de su clarificación, además sirve para diferentes tipos de minerales y consta con bajos costos en operación. Por lo que, nuestros resultados concuerdan con lo señalado por ambos autores los cuales resaltan que, si bien es cierto, el método gravimétrico utiliza grandes cantidades de agua, este también reutiliza toda el agua ya que no es necesario utilizar agua pura para este método, aunque esto también va a depender del equipo de concentración gravimétrica que se utilice para la operación.

Los concentradores gravimétricos presentan diversas ventajas según su aplicación, estos se diferencian en su diseño y forma de trabajar, si bien es cierto todos estos equipos trabajan con agua, diferenciándose un equipo del resto, el concentrador centrífugo Falcon puede reutilizar las grandes cantidades de agua que ha empleado anteriormente, además permiten tener un alto porcentaje de oro en depósitos aluviales e incluso es un método limpio, esto lo corrobora Navarro (2017) quien señala que la concentración centrífuga debido a que es considerada como un método que no afecta al medio ambiente, integra una alternativa real para la realización de pasivos ambientales, además Huachaca (2017) indica sobre el funcionamiento de los concentradores centrífugos que son equipos utilizados para la concentración gravimétrica de oro, ya sea en circuitos de molienda para llevar a cabo la separación de oro libre y así impedir la sobre molienda, así como también

previo a plantas de cianuración o flotación para lograr la recuperación de oro grueso. Además, se utiliza en minería aurífera aluvial. Los concentradores centrífugos en su totalidad se trabajan con el mismo principio: esencialmente, un recipiente que gira se encarga de realizar la separación gravitacional del mineral en un campo centrífugo. Por lo que el método de concentración gravimétrica es el método más adecuado para la concentración de minerales en minería de pequeña escala, específicamente hablando con el concentrador Falcon, ya que tiene una recuperación mayor al 70% y al no utilizar reactivos, tiene un impacto ambiental mínimo ya que no hay manifestaciones gaseosas contaminantes, asimismo, el agua utilizada puede ser reutilizada.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que para realizar una mayor recuperación de oro se necesita un mejor método de concentración, tal como lo es el método de concentración gravimétrica, que trabaja de una manera limpia con las densidades del mineral, que si bien es cierto este requiere de grandes flujos de agua, pero estos pueden ser reutilizados ya que el concentrador Falcon que es el equipo recomendado para este método de concentración, no requiere de utilización de agua limpia.

La minera artesanal Algamarca operada por la empresa AMASBA es una operación la cual si bien es cierto aún es una minera informal, está en proceso de formalización la cual tiene los suficientes recursos no solo económicos sino también de personal el cual tiene el propósito de cambiar en su forma de operación para un trabajo más seguro y acorde al marco legal, desarrollando PETS, IPERC Y APS.

El uso del método de concentración gravimétrica es un método limpio para la concentración de mineral, ya que trabaja con las densidades según el tipo de mineral a concentrar haciendo de que no haya ningún tipo de efecto negativo en el ambiente, ya que no requiere el uso de reactivos, por lo cual este proyecto ha sido bien visto no solo por los trabajadores de la mina sino por los pobladores del centro poblado de Algamarca.

El estudio realizado por medio de una guía de análisis documental determinó que los equipos para el tratamiento de oro aluvial se deben tener en cuenta diversos factores como la densidad de la pulpa, el contenido de agua, los costos de instalación y operación, ya que varían de acuerdo al equipo, entre los cuales destacan las mesas concentradoras, canaletas, JIGS, espirales y los concentradores centrífugos.

VII. RECOMENDACIONES

- Que la Universidad César Vallejo se interese por establecer convenios con mineras artesanales en proceso de formalización ya que esta sería una gran manera de generar oportunidades de desenvolvimiento por parte de los estudiantes en relación a su carrera, además de la realización de prácticas, aportando conocimientos en beneficio de la empresa para mejorar el desarrollo de sus actividades.
- Que los alumnos de ingeniería de minas de la Universidad César Vallejo, no se enfoquen solo en grandes minerías donde poco o casi nada se puede hacer en cuanto a mejoras, ya que estas mineras ya tienen estándares bien establecidos sobre su modalidad de operación. Deben enfocarse en las pequeñas minerías y mineras artesanales las cuales tienen una alta demanda de ingenieros en donde pueden lograr cambios significativos en sus procesos disminuyendo riesgos al operar ya que aún realizan operaciones pocas o casi nada mecanizadas.

REFERENCIAS

ADVIERTEN sobre explotación laboral y sexual de menores en minería artesanal [en línea]. Gestion.pe. 03 de abril de 2010. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://archivo.gestion.pe/noticia/455706/advierten-explotacion-laboral-sexual-menores-mineria-artesanal>

AGUILAR Asanza Mayra y CORELLA Merizalde Javier. Diseño y construcción de una mesa concentradora para la optimización del proceso de extracción de Oro en una empresa minera de Zaruma. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, 2016. 101 pp.

ALGAMARCA en Cajamarca [en línea]. DePerú.com. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.deperu.com/centros-poblados/algamarca-30326>

ALVAREZ Cotrina, Vanesa y AROCA Sagástegui, Nataly. Propuesta de diagnóstico ambiental preliminar para la asociación de mineros artesanales San Blas de Algamarca, Cajabamba, Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2015. 188 pp.

ARAMBURÚ Rojas, Vidal. Proceso innovador para mejorar la recuperación de oro y reducir la contaminación ambiental en la minería artesanal. Tesis (Doctor en Gestión de Empresas). Lima: Universidad Nacional Mayor De San Marcos, 2015. 114 pp.

ARAMBURÚ, Vidal [et al] Recuperación de oro en minerales sulfurados de baja ley en la región de Casma. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM [en línea]. Vol. 20, n° 40, 2017 [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14390/127>
25 ISSN-
L: 1561-0888

ÁVILA Prado, Juan. Parámetros de operación del separador JIG para material tomado de un placer aurífero. Tesis (Título de Ingeniero en Minas). Ecuador: Universidad del Azuay, 2017. 67 pp.

BOYACÁ invertirá 482 millones de pesos en formalización minera [en línea]. Plataforma integral de minería. 15 de agosto de 2018. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.plataformaintegraldemineria.org/es/noticias/boyaca-invertira-482-millones-de-pesos-en-formalizacion-minera>

BUSTAMENTE, Oswaldo, GAVIRIA Cecilia y RESTREPO, Oscar. Notas de concentración de minerales. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2007. 83 pp.

CASTILLO Sánchez, Iván. Técnicas alternativas para la extracción de oro sin el uso de mercurio y su potencial aplicación a pequeña escala y minería artesanal en Colombia. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a distancia UNAD Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, 2018. 58 pp.

CASTILLO, Lourdes. Análisis documental [en línea]. Biblioteconomía, 2004 [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Tema 5. Disponible en: <https://www.uv.es/macass/T5.pdf>

CERRON Joo, Juan. Implementación del concentrador gravimétrico-centrífugo

“ICON” a planta de cianuración aurífera. Tesis (Título de Ingeniero Metalurgista). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. 136 pp.

CHAUCAYANQUI Quisa, Bruno. Modelo de planta piloto para recuperación del oro de la pequeña minería y minimizar los impactos ambientales. Tesis (Título de maestro en ciencias con mención en minería y medio ambiente). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. 177 pp.

CHAVEZ Poma, Zamudio y VILCAPOMA Juño, Johnnathan. Prueba sexperimentales a nivel de laboratorio de concentración gravimétrica y flotación de minerales de oro en la planta concentradora "CASELITA" en Condorama – Cuzco. Tesis (Título de Ingeniero Metalurgista y de Materiales). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2012. 93 pp.

CONCHA Rodríguez, Harold. Estudio de la concentración gravimétrica de minerales auríferos en un Jig de laboratorio. Tesis (Título de Ingeniero Químico.). Santiago de Cali: Universidad del Valle, 2007. 95 pp.

DE SOUZA, Fernanda [et al]. Estudo de caso - Estudos de processamento de rejeito de minério de ferro a partir de métodos de concentração densitária. Revista Caribeña de Ciencias Sociales [en línea]. 2018 [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/09/processamento-minerio-ferro.html>

ISSN: 2254-7630

DÍAZ, Lidia. La Observación. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010. 29 pp.

GÓMEZ, Hernán. Efecto del flujo secundario en la separación de metales pesados en una canaleta en espiral. Ingeniería y Competitividad [en línea]. Volumen 13, N°.

2, 2011. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en http://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/articulo/download/2679/3543

HUACHACA Calla, Jaime. Evaluación y alternativa en la recuperación de oro aluvial en la cooperativa minera San Antonio Limitada Ananea – Puno. Tesis (Título de Ingeniero Metalurgista). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, 2017. 137 pp.

HUARECALLO, Alex. Optimización del proceso de recuperación de oro con un concentrador centrífugo para la pequeña minería aurífera. Tesis (Título Ingeniero Metalúrgico). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2019. 100 pp.

JULCA, Diego y ORTIZ, Jorge. Recuperación de oro en minerales sulfurados de baja ley en la provincia de Casma. Tesis (Título Ingeniero Metalúrgico). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. 163 pp.

La minería ilegal y la explotación infantil en el Perú. Revista La Diáspora [en línea]. Mayo de 2012. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://peruimmigrationdocumentationproject.blogspot.com/2012/05/la-mineria-ilegal-y-la-explotacion.html>

LOBE Jinez, César. Concentración de magnetita y oro libre, en los suelos aluviales de Inguro (Bellavista, Jaén, Cajamarca) por el método gravimétrico, como una alternativa ambiental. Tesis (Título de Maestro en Ciencias). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. 189 pp.

MANUAL de buenas prácticas en minería aurífera aluvial para facilitar una adecuada recuperación de áreas [en línea]. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014.

[Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2017/02/2017-01-30-Manual-de-buenas-pr%C3%A1cticas-en-miner%C3%ADa-aur%C3%ADfera-aluvial-para-facilitar-una-adecuada-recuperacion-de-%C3%A1reas-FINAL-3.pdf>

MANUEL Roberto, Edgardo. Recuperación gravimétrica de Au en el proceso de flotación de sulfuros masivos. Tesis (Título de ingeniero en metalurgia y materiales). México: Instituto Politécnico Nacional, 2015. 72 pp.

MARINHO, Filipe, DE OLIVEIRA, Raulim y DA SILVA, José [en línea]. Impactos das Tecnologías na Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Brasil: Atena Editora, 2019 [fecha de consulta: 18 de octubre de 2019]. Capítulo 14. Influencia de parâmetros operacionais da mesa concentradora Wilfley na concentração de escória metalúrgica da liga fesimn. Disponible en: <https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/artigoPDF/11150> ISBN 978-85-7247-235-7

MERCHÁN, Fernanda y MONSALVE, Fabián. Flujograma para concentración de oro aluvial, mediante utilización del JIG, espiral y mesa vibratoria. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Ecuador: Universidad del Azuay, 2019. 83 pp.

MINERÍA artesanal y en pequeña escala. MMSD Abriendo Brecha [en línea]. 2002. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://pubs.iied.org/pdfs/G00687.pdf>

MORGA, Luis. Teoría y técnica de la entrevista. México: Red Tercer Milenio, 2012. 103 pp. ISBN 978-607-733-171-1

NAVARRO Choque, Miguel. Estudio de la recuperación de oro aluvial en

concentrador Falcon en la cooperativa minera Limata Ananea – Puno. Tesis (Título de ingeniero metalurgista). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, 2017. 155 pp.

NEIVA, Jéssica y DE VILHENA, Leandro. Análise das melhorias obtidas com a implantação de um circuito gravimétrico em uma planta concentradora de ouro. Revista Multidisciplinar – Faculdade do Noroeste De Minas [en línea]. Vol. 22, n° 1, 2020. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/1104. ISSN 2675-5416

OSPINA, Manuel, BARIANTOS, Arturo y BUSTAMANTE, Moisés. Influencia de la forma de onda de pulsación en la estratificación de partículas de alta densidad en un equipo JIG. Tecno Lógicas [en línea]. Vol. 19, n° 36, 2016. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992016000100002

PANDO, R. (21 de abril de 2010). Minería informal – Normatividad Vigente - Conflictos [presentación en Slideshare]. Recuperado de <https://www.slideshare.net/fuerza2011eventos/mineria-informal?cv=1>

QUILLA, Tino. Incremento de la rentabilidad económica mediante el modelo de comercio justo del oro en la unidad minera QUETA – A – CENCOMIT LTDA Puno – 2019. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019. 108 pp.

REVISTA Diálogos Ambientales con la Prensa [en línea]. Lima: Ministerio del Ambiente, 2013 [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2_Minereia_ilegal.pdf

REINOSO, Juan Tesis. Determinación de los parámetros operacionales para la concentración de oro en un espiral. Tesis (Título Ingeniero de Minas). Ecuador: Universidad del Azuay, 2019. 73 pp.

SANDOVAL, Wilfredo. Amazonas: menores trabajan en extracción ilegal de oro en ríos. El comercio. 05 de agosto de 2014. [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/peru/amazonas/amazonas-menores-extraccion-ilegal-oro-rios-348825-noticia/?ref=ecr&foto=2>

SEN, Sezai. Recuperación de oro por KC del circuito de molienda de la planta de Bergama CIP. Rev. Esc. Minas [en línea]. Vol. 63, n° 3, 2010. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000300017>. ISSN 0370-4467

VALDERRAMA, Luis. Concentración de minerales de Titanio contenidos en las arenas de playas de la región de Atacama-Chile. IDICTEC - Universidad de Atacama [en línea]. 2008. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/152/140>

ANEXOS


Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	UNIDADES
Recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica (V.I.)	Es uno de los métodos más adecuados en la minería ya que no usa ningún tipo de reactivo contaminante, solo usa el agua, que a su vez puede ser reutilizable luego de su clarificación, además sirve para diferentes tipos de minerales y consta con bajos costos en operación. Concha (2007)	Esta variable será evaluada a través de los siguientes aspectos: - Métodos de concentración - Equipos de concentración gravimétrica.	Concentración	- Amalgación - Flotación - Gravimétrico	Nominal	Adimensional
			Equipos de concentración gravimétrica	- Mesas concentradoras - Canaletas - JIGS - Espirales - Concentradores centrífugos	Nominal	Adimensional

Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
INADECUADA RECUPERACIÓN DE ORO ALUVIAL	Realizar un análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica, en minera artesanal Algamarca.	Con la realización del método de concentración gravimétrica se puede obtener una mayor recuperación de oro aluvial, en la minera artesanal Algamarca.	INDEPENDIENTE Análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica	Cuantitativo	Trabajadores de todas las minas artesanales del caserío de Algamarca	Observación Entrevista y Análisis documental
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- Analizar la situación de la minera artesanal Algamarca en relación de su método de recuperación de oro aluvial. - Proponer el método gravimétrico como alternativa para controlar el deterioro ambiental de los suelos del lugar de investigación. - Estudiar los equipos adecuados para el tratamiento de oro aluvial.		DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS
				Descriptivo simple	Trabajadores de la mina artesanal Algamarca.	Guía de observación Guía de entrevista y Guía de análisis documental

Anexo 3. Guía de entrevista

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Guía de entrevista
Análisis de la recuperación de oro aluvial mediante el método de concentración gravimétrica, en minera artesanal Algamarca	

Nombre del entrevistador: _____

Hora de inicio: _____ Hora de finalización: _____

Lugar: _____ Fecha: _____

Nombre del entrevistado: _____

Objetivo: Recolectar datos acerca del método utilizado para la recuperación de oro

1. ¿Qué minerales se extrae?
 - a. Oro
 - b. Cobre
 - c. Plata
 - d. Otros


2. ¿Qué criterios se tienen en cuenta para concentrar este tipo de mineral?
 - a. Densidad del mineral liviano
 - b. Densidad del mineral pesado
 - c. Densidad del agua
 - d. Otros

3. ¿Qué equipos utilizan para ese método de concentración?
 - a. Mesa concentradora
 - b. JIG
 - c. Canaleta
 - d. Otros

4. ¿Cree que ese método para la posterior recuperación de oro es el más efectivo? ¿Por qué?
 - a. Muy efectivo
 - b. Suficientemente efectivo
 - c. Poco efectivo

- d. Nada efectivo
5. ¿Cree que concentrar el oro de esa forma tiene algún impacto negativo en el ambiente? ¿Por qué?
- a. Demasiado
 - b. Bastante
 - c. Poco
 - d. Nada
6. ¿Qué actividades realizan la mayor parte de la población de Algamarca?, ¿Los trabajadores de esta actividad minera se dedican únicamente a la minería?
- | | |
|----------------|--------------------------------|
| a. Ganadería | a. Sí, únicamente a la minería |
| b. Agricultura | b. Minería y agricultura |
| c. Minería | c. Minería y ganadería |
| d. Otro | d. Minería y otra actividad |
7. ¿Cuál cree usted que es la percepción que la población tiene de esta actividad minera?
- a. En favor
 - b. En contra
 - c. Ni en favor ni en contra
 - d. Otro
8. ¿Conoce el método de concentración gravimétrica, qué piensa acerca de esta forma de concentrar para la posterior recuperación?
- a. Bastante
 - b. Suficiente
 - c. Poco
 - d. Nada

Anexo 4. Guía de observación

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Guía de observación
Análisis de la recuperación de oro mediante el método de concentración gravimétrica, en minera artesanal Algamarca	

Nombre del observador: _____

Hora de inicio: _____ **Hora de finalización:** _____

Lugar: _____

Fecha: _____

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

	SI	NO	OBSERVACIÓN
Presencia de ríos cercanos.			
Presencia de zonas de cultivo.			
Contaminación de ríos debido a esta actividad minera.			
Presencia de contaminación de suelos.			
Usan los equipos de protección personal.			
Presencia de trabajadores mayores de 60 años.			
Realizan algún tipo de actividad manual.			
Aplican el método de recuperación gravimétrica en el proceso de concentración.			
Equipos de operación en buen estado.			
Vías accesibles hacia la minera artesanal.			

Anexo 5. Alcance de los estratos de la minería en el Perú

Estrato	Tamaño de concesiones	Capacidad productiva	Entidad Competente
Gran minería	No se establece un tamaño determinado	Más de 5000 TMD	INGEMMET MEM
Mediana minería	No se establece un tamaño determinado	Entre 350 y 5000 TMD	INGEMMET MEM
Pequeña minería	Hasta 2000 ha.	Hasta 350 TMD	DREM
Minería artesanal	Hasta 1000 ha.	Hasta 25 TMD	DREM

Fuente: Medina, et al. (2012)