

# Impacto de la actividad minera y su manejo sustentable en la zona de Huanchuy - distrito de Shupluy, provincia de Yungay – Región Áncash

Impact of the for the mining activity and sustainable management in the area of shupluy -district Huanchuy, province of Yungay - Ancash region

José M. Carranza Valdivieso<sup>1</sup>, Óscar Tinoco Gómez<sup>2</sup>

RECIBIDO: 06/05/2015 - APROBADO:26/11/2015

---

## RESUMEN

El área de estudio comprende la microcuenca de Huanchuy, localizada en el distrito de Shupluy, provincia de Yungay.

Uno de los principales problemas es el manejo del recurso hídrico, debido a que durante los meses de junio a noviembre la quebrada Huanchuy (Huarco) presenta bajos caudales de agua que afectan esta zona, incluso mucho antes que la actividad minera ingrese a ocupar dichas área, de tal forma que los pobladores se han sentido afectados en sus actividades económicas como la agricultura y ganadería.

Los estudios realizados y su balance hídrico e impactos a la cantidad de agua han permitido conocer y adecuar el manejo del agua a nivel de factibilidad, de acuerdo a esto se ha considerado elaborar la propuesta de manejo sustentable del agua mediante la construcción de tres (3) reservorios en la zona: Miyu, Patococha y Huancacocha, que permitirá el almacenamiento del agua durante la época de lluvias y poder administrarla de manera adecuada durante la época de sequía.

**Palabras clave:** Recurso hídrico, impacto a la cantidad de agua, balance hídrico, manejo sustentable.

## ABSTRACT

The study area includes, located in Peasant Communities in Ancash and Cochabamba, in the district of Shupluy Province of Yungay.

One of the main problems is the management of water resources, because during the months of June to November broken Huanchuy (Huarco) has low water flows that affect this area, even long

before the mining activity log to fill these area , so that villagers have felt affected in their economic activities such as agriculture and livestock.

So of the studies conducted and water balance and impact on the amount of water has been allowed to know and adapting water management to feasibility level, according to this has been considered its proposal for a sustainable water management by the construction of three (3) reservoirs in the area: Miyu, Patococha and Huancacocha, allowing storage of water during the rainy season and to manage them appropriately during the dry season.

**Key words:** Water resources, impact on water quantity, water balance, sustainable management.

---

1 MEM. Dirección de Asuntos Ambientales Mineros. Correo electrónico: jev.carranza@hotmail.com.

2 Doctor. Docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad minera produce prosperidad económica en la región y especialmente en las zonas donde se lleva a cabo, pero indudablemente también produce impactos ambientales. Las actividades que en ella se realizan conllevan la utilización de cantidades de agua para sus actividades, produciendo impacto, como es el caso del proyecto San Luis.

La zona del proyecto se encuentra en el flanco de la cordillera negra norcentral del Perú, donde en la actualidad la demanda del recurso hídrico en la zona de estudio es cada vez mayor, ya que la principal consecuencia de este incremento en la demanda es la escasez del agua, principalmente en las épocas de estiaje.

El presente estudio evaluará las condiciones hidrológicas y meteorológicas de la cuenca, con el fin de conocer su comportamiento y caracterizar cada una de las variables del ciclo hidrológico. Una vez realizado este proceso, se determinará el balance hídrico en la cuenca y su impacto. Esto nos permitirá conocer la disponibilidad del recurso hídrico durante todos los meses del año.

De acuerdo a datos generales del proyecto San Luis, este impactará en la cantidad de agua de la zona baja, ya que según la medición el caudal mínimo en la quebrada principal Huanchuy es de 10 l/s en época de sequía, y el consumo de agua requerida para las actividades de explotación del proyecto San Luis se ha determinado en aproximadamente 5 l/s de carga inicial.

Determinando su balance hídrico e impactos a la cantidad de agua, nos permitirá conocer y planificar un adecuado manejo del agua a nivel de factibilidad, por lo que se ha considerado elaborar la propuesta de manejo sustentable del agua mediante la construcción de tres (3) reservorios en la zona: Miyu, Patococha y Huancacocha, que permitirá el almacenamiento del agua durante la época de lluvias y poder administrarla de manera adecuada durante la época de sequía (Aguiló, 1981), (Alva, 1993).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se han determinado cuatro fases de trabajo:

### 2.1 Revisión de información

La primera etapa comprende la recopilación de información correspondiente al área de estudio.

### 2.2 Trabajo de campo

Recopilación de información *in situ*, que se realizó en tres (03) visitas.

Recopilación y clasificación sistemática de la información existente.

Visita técnica, realizar un reconocimiento hidrológico, geológico y geotécnico.

Ensayos de campo (densidad de cono y permeabilidad) en las calicatas realizadas.

Recolección de muestras de suelo para su ensayo en laboratorio.

Levantamiento de información de línea base ambiental.

### 2.3 Trabajo de gabinete

Caracterización geológica, hidrológica, hidrogeológica, geotécnica, geofísica y de peligro sísmico.

Aplicación del modelo hidrológico de Lutz Scholz.

Identificación y análisis de los impactos.

Elaboración del plan de manejo hídrico.

Elaboración del plan de manejo ambiental.

Elaboración de las conclusiones.

Elaboración del informe final

### 2.4 Ubicación del área de estudio

El proyecto se encuentra ubicado en la cordillera Negra, en la zona norcentral del Perú, y corresponde a una zona altoandina del departamento de Áncash, a una altitud que fluctúa entre los 3,600 y 4,850 metros sobre el nivel del mar. Específicamente se encuentra ubicado en el distrito de Shupluy, provincia de Yungay y departamento de Áncash.

Las presas a construir se encuentran en la dirección suroeste y este de la zona del proyecto San Luis.

### 2.5 Hidrología de la zona

El estudio de hidrología para las presas de Huancacocha, Miyu y Patococha está orientado al cálculo de los caudales medios mensuales y de los caudales máximos extraordinarios de las tres quebradas. Para el cálculo de los caudales medios se utilizó la metodología de Lutz Scholz y nos permitió determinar si la oferta hídrica de la quebrada será suficiente para asegurar la demanda hídrica que se tiene. El cálculo de caudales máximos ha sido realizado mediante un modelamiento de precipitación – escorrentía, para lo cual se utilizó el software HEC – HMS 3.5.

### 2.6 Información hidrometeorológica Tabla N° I

Tabla N° 1. Estación meteorológica

Estación	Código Estación	Ubicación Política			Ubicación Geográfica		
		Distrito	Provincia	Depart.	Longitud W	Latitud S	Altitud (msnm)
Cajamarquilla	154108	La Libertad	Huaraz	Ancash	77°44'	9°37'	3325
Pira	154110	Pira	Huaraz	Ancash	77°42'	9°35'	3625
Recuay	000441	Recuay	Recuay	Ancash	77°27'	9°43'	3444
Pueblo Viejo(1)	–	Shupluy	Yungay	Ancash	77°48'	9°23'	4685
Tambra(1)	–	Shupluy	Yungay	Ancash	77°50'	9°23'	3904
Pierina(2)	–	Jangas	Huaraz	Ancash	77°35'	9°28'	4095

Fuente: SENAMHI

Tabla N° 2. Precipitación total media mensual

Microcuenca	Precipitación total media mensual (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Huancacocha	191.6	223.5	268.6	171.3	46.7	6.8	3.9	10.0	46.9	119.4	132.9	182.0
Miyu	206.7	241.1	289.7	184.8	50.3	7.3	4.2	10.8	50.6	128.8	143.3	196.3
Patococha	204.6	238.6	286.8	182.9	49.8	7.2	4.2	10.7	50.1	127.5	141.9	194.3

Fuente: SENAMHI

## 2.7 Precipitación en zonas del proyecto

La época de lluvias en la zona de estudio está comprendida mayormente entre los meses de diciembre y abril, aunque en algunos casos las precipitaciones se empiezan a manifestar durante el mes de noviembre.

Además, se ha registrado el máximo histórico de los últimos 20 años para un acumulado de 24 horas, que tuvo su ocurrencia en enero de 1998 con 53.3 mm, y el acumulado mensual máximo histórico tuvo lugar en marzo del 2001, con un acumulado de 259.1 mm.

### 2.7.1 Precipitación total mensual

El régimen pluviométrico se distribuye en dos épocas bien marcadas, la de estiaje y la de lluvias. La época de lluvias se produce entre los meses de octubre y abril, llegando a su pico entre los meses de enero y marzo. La época de estiaje se da entre los meses de mayo y setiembre, siendo el mes de julio el más seco Tabla N° 2.

### 2.7.2 Precipitación total media anual

Además, se presentan los valores de la precipitación total media anual para la microcuenca en estudio: Tabla N° 3.

Tabla N° 3. Precipitación total media anual

Microcuenca	Precipitación total media anual (mm)
Huancacocha	1403.7
Miyu	1513.9
Patococha	1498.5

Fuente: SENAMHI

### 2.7.3 Regionalización a los puntos de interés

Se desarrolla generando puntos COGO a partir del plano de superficie de las microcuencas en estudio, cada 25 metros. Luego, con la fórmula de precipitación estimada, hallamos la precipitación para la malla de puntos, de tal manera de poder interpolarlos y generar las isohietas del área de estudio Tabla N° 4.

Tabla N° 4. Coeficientes de regionalización de precipitación total media anual

Microcuenca	Altitud (msnm)	Precipitación total media anual (mm)	Cr
Miyu	4684.88	1513.9	1.2499
Huancacocha	4435.45	1403.7	1.1589
Patococha	4629.19	1498.5	1.2372

Elaborado por el autor (software Hidroesta)

Una vez obtenida la precipitación media anual del área de estudio, se la relaciona con la precipitación de la estación base, en este caso la estación Pierina, como se muestra a continuación:

$$C_r = \frac{P_{ec}}{P_{eb}} \quad (1.0)$$

Donde:

Cr : Coeficiente de regionalización

Peb : Precipitación media anual estación base

Pec : Precipitación media anual estación a calcular

## 2.7.4 Aguas superficiales

Las características del flujo de agua superficial en el área del proyecto están en función de las precipitaciones y descargas del agua subterránea, donde los flujos estacionales varían ampliamente y son varios órdenes de magnitud y mayores durante la temporada húmeda. Mientras, en la temporada seca los flujos son menores.

Como se puede verificar a partir de los rangos de caudales en las distintas cuencas, los flujos de agua superficiales en el área del proyecto son en general muy variables y el análisis de los registros sugiere que los flujos en las quebradas son altamente dependientes de la precipitación.

### 2.7.4.1. Caudales medios

Al no contar con información de caudales medios para las microcuencas en estudio, se vio la necesidad de calcular este parámetro mediante el modelo hidrológico de Lutz Schölz.

Este modelo hidrológico es combinado porque cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (balance hídrico – modelo determinístico) y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (proceso markoviano - modelo estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Schölz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de la Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Se procedió a realizar los cálculos necesarios para el desarrollo de la metodología planteada anteriormente, a fin de generar las descargas medias mensuales en la zona del proyecto. Se realizó la regresión lineal múltiple entre el caudal del mes  $t$ , el caudal del mes anterior ( $t-1$ ) y la precipitación.

El modelo hidrológico determinístico-estocástico Lutz Scholz de la microcuenca en estudio se presenta mediante la fórmula:

$$Q_{i,j} = 7.211 + 0.166 * Q_{i,j-1} + 0.642 * PE_{i,j} + 17.063(1 - 0.913^2)^{0.5} * Z_j \quad (2.0)$$

### 2.7.4.2 Caudal medio en la microcuenca Huancacocha

Después de realizados los cálculos respectivos, se presentan a continuación los caudales medios mensuales y anuales generados para el periodo 1965 – 2011.

### 2.7.4.3 Análisis de caudales generados - Huancacocha

De los resultados hallados mediante el método de Lutz Schölz se tiene que el mes con mayor caudal medio es el de marzo con 19.0 l/s y el mes con menor caudal es setiembre con 0.7 l/s. El periodo húmedo se produce entre octubre y abril, reduciéndose considerablemente para el periodo comprendido entre mayo y setiembre.

La descarga máxima media llega al valor de 39.5 l/s, ocurrida en marzo, y la mínima media es de 0.0 l/s. La descarga media anual para esta microcuenca es de 7.0 l/s.

### 2.7.4.4 Caudal medio en la microcuenca Miyu

#### 2.7.4.5 Análisis de caudales generados

De los resultados hallados mediante el método de Lutz Schölz, se tiene que el mes con mayor caudal medio es el de marzo con 26.7 l/s y el mes con menor caudal es setiembre con 1.0 l/s. El periodo húmedo se produce entre octubre y abril, reduciéndose el caudal casi por completo para el periodo comprendido entre mayo y setiembre.

La descarga máxima media llega al valor de 56.6 l/s, ocurrida en marzo, y la mínima media es de 0.0 l/s. La descarga media anual para esta microcuenca es de 10.0 l/s.

### 2.7.4.6 Caudal medio en la microcuenca Patococha

#### Análisis de caudales generados

De los resultados obtenidos mediante el método de Lutz Schölz se tiene que el mes con mayor caudal medio es el de marzo con 36.8 l/s y el mes con menor caudal es setiembre con 1.6 l/s. El periodo húmedo se suscita entre octubre y abril, reduciéndose el caudal casi por completo para el periodo comprendido entre mayo y setiembre.

La descarga máxima media llega al valor de 77.8 l/s, ocurrida en marzo, y la mínima media ocurre en setiembre con 0.1 l/s. La descarga media anual para esta microcuenca es de 13.8 l/s.

### 2.7.4.7 Comparación con caudales medidos en campo

En el área de estudio se cuentan con mediciones puntuales de caudal, aunque lo ideal sería contar con caudales medios mensuales; aun así estos valores medidos nos permiten tener una idea de los caudales que realmente discurren por la quebrada estudiada. El método de Lutz Schölz se aproxima bastante bien a los caudales medidos en campo.

### 2.7.4.8 Balance hídrico en la zona de estudio

De acuerdo a los estudios obtenidos, se analizaron cuatro escenarios hidrológicos:

- El año muy seco es aquel con una persistencia del 95%.
- El año seco es aquel con una persistencia del 75%.
- El año promedio es aquel con una persistencia del 50%.
- El año húmedo es aquel con una persistencia del 10%.

La precipitación efectiva para fines hidrológicos se toma como la parte de la precipitación total mensual, que corresponde al déficit según el método del USBR (precipitación efectiva hidrológica es la antítesis de la precipitación efectiva para los cultivos), el cual ya toma en cuenta la evapotranspiración y otras pérdidas como infiltración y almacenamientos menores. Es decir, la precipitación efectiva es toda aquella precipitación que genera escorrentía, por lo cual en este balance hídrico no se tomará en cuenta la infiltración. También podemos observar que para un año seco, con persistencia del 75%, la oferta anual supera la demanda anual pero no en el caso mensual, por lo que la opción más viable es el represamiento de los excedentes en época de lluvia para luego ser regulados en época de estiaje Tabla N° 5, 6, 7, 8, 9, 10.

Tabla N° 5. Caudales medios mensuales – Método de Lutz Schölz.

Caudal medio mensuales en la microcuenca Huancacocha												
Microcuenca	Caudal medio mensual (l/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Huancacocha	12.0	16.2	19.0	10.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	5.7	6.8	10.6

Elaborado por el autor

Tabla N° 6. Caudales medios anuales – Método de Lutz Schölz

Caudal medio anuales					
Microcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Altitud media (msnm)	Precipitación total media anual (mm)	Caudal medio anual (l/s)	Rendimiento medio anual (l/s/km <sup>2</sup> )
Huancacocha	0.39	4435.45	1403.7	7.0	17.95

Elaboración del autor

Tabla N° 7. Caudales medios mensuales – Método de Lutz Schölz

Caudal medio mensuales en la microcuenca Miyu												
Microcuenca	Caudal medio mensual (l/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Miyu	16.9	22.6	26.7	14.3	1.4	1.5	1.5	1.3	1.0	8.1	9.7	15.1

Elaboración del autor

Tabla N° 8. Caudales medios anuales – Método de Lutz Schölz

Caudales medios anuales					
Microcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Altitud media (msnm)	Precipitación total media anual (mm)	Caudal medio anual (l/s)	Rendimiento medio anual (l/s/km <sup>2</sup> )
Miyu	0.52	4684.88	1513.9	10.0	19.23

Elaboración del autor

Tabla N° 9. Caudales medios mensuales – Método de Lutz Schölz

Caudal medio mensual en la microcuenca Patococha												
Microcuenca	Caudal medio mensual (l/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Patococha	23.4	30.9	36.8	19.8	2.3	2.1	1.7	1.7	1.6	11.3	13.5	20.5

Elaboración del autor

Tabla N° 10. Caudales medios anuales – Método de Lutz Schölz

Caudales medios anuales					
Microcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Altitud media (msnm)	Precipitación total media anual (mm)	Caudal medio anual (l/s)	Rendimiento medio anual (l/s/km <sup>2</sup> )
Patococha	0.66	4629.19	1498.5	13.8	20.91

Elaboración del autor.

Tabla N° 11 Balance hídrico de la microcuenca Huanchuy (MMC) – Año seco

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Control Huanchuy	519773.7	948230.3	1138087.7	593637.2	60276	66926.5	42189.8	43659.8	23655.6	82156.6	93793.2	663705.5	4276092
<b>Total oferta</b>	519773.7	948230.3	1138087.7	593637.2	60276	66926.5	42189.8	43659.8	23655.6	82156.6	93793.2	663705.5	4276092
Demanda ecológica	22766.4	20563.2	22766.4	22032	22766.4	22032	22766.4	22766.4	22032	22766.4	22032	22766.4	268056
Demanda agrícola	60839.9	54952.1	60839.9	58877.3	60839.9	58877.3	60839.9	60839.9	58877.3	60839.9	58877.3	60839.9	716340.2
Uso minero	13392	12096	13392	12960	13392	12960	13392	13392	12960	13392	12960	13392	157680
<b>Total demanda</b>	96998.3	87611.3	96998.3	93869.3	96998.3	93869.3	96998.3	96998.3	93869.3	96998.3	93869.3	96998.3	1142076.2
<b>Balance hídrico</b>	422775.5	860619	1041089.5	499767.9	-36722.3	-26942.8	-54808.5	-53338.4	-70213.7	-14841.6	-76.1	566707.2	3134015.7

Elaboración del autor.

De la Tabla N° 11 se determinó que el balance hídrico en un año seco, donde la oferta hídrica es menor que la demanda, nos da los balances hídricos de mayo a noviembre negativos.

Tabla N° 12. Balance Hídrico de la microcuenca de control Huanchuy (MMC) – Año húmedo

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Control Huanchuy	2579126.7	2901209	3636124.8	2101711.8	249619.9	206485.9	208045.9	194961.6	220193.6	1562721.4	1813620.9	2186098.2	17859920
<b>Total oferta</b>	2579126.7	2901209	3636124.8	2101711.8	249619.9	206485.9	208045.9	194961.6	220193.6	1562721.4	1813620.9	2186098.2	17859920
Demanda ecológica	22766.4	20563.2	22766.4	22032	22766.4	22032	22766.4	22766.4	22032	22766.4	22032	22766.4	268056
Demanda agrícola	60839.9	54952.1	60839.9	58877.3	60839.9	58877.3	60839.9	60839.9	58877.3	60839.9	58877.3	60839.9	716340.2
Uso minero	13392	12096	13392	12960	13392	12960	13392	13392	12960	13392	12960	13392	157680
<b>Total demanda</b>	96998.3	87611.3	96998.3	93869.3	96998.3	93869.3	96998.3	96998.3	93869.3	96998.3	93869.3	96998.3	1142076.2
<b>Balance hídrico</b>	2482128.5	2813597.6	3539126.5	2007842.5	152621.7	112616.6	111047.7	97963.3	126324.3	1465723.1	1719751.7	2089099.9	16717843

Elaboración del autor.

Del Tabla N° 12 se determinó que el balance hídrico en un año húmedo, donde la oferta hídrica es mayor que la demanda, nos da los balances hídricos de todo el año positivos.

Tabla N° 13. Balance hídrico de la microcuenca de control Huanchuy (MMC) – Año promedio

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Control Huanchuy	1163255.3	1409544.8	2149826.8	999152	96691	109569.1	78387.7	95589.1	48708.8	505043.7	656878.4	1176088.8	8488735.4
<b>Total Oferta</b>	1163255.3	1409544.8	2149826.8	999152	96691	109569.1	78387.7	95589.1	48708.8	505043.7	656878.4	1176088.8	8488735.4
Demanda ecológica	22766.4	20563.2	22766.4	22032	22766.4	22032	22766.4	22766.4	22032	22766.4	22032	22766.4	268056
Demanda agrícola	60839.9	54952.1	60839.9	58877.3	60839.9	58877.3	60839.9	60839.9	58877.3	60839.9	58877.3	60839.9	716340.2
Uso minero	13392	12096	13392	12960	13392	12960	13392	13392	12960	13392	12960	13392	157680
<b>Total demanda</b>	96998.3	87611.3	96998.3	93869.3	96998.3	93869.3	96998.3	96998.3	93869.3	96998.3	93869.3	96998.3	1142076.2
<b>Balance hídrico</b>	1066257	1321933.5	2052828.5	905282.7	-307.3	15699.8	-18610.6	-1409.2	-45160.4	408045.4	563009.1	1079090.6	7346659.2

Elaboración del autor.

De la Tabla N° 13 se determina que el balance hídrico en un año promedio, donde la oferta hídrica es menor en los meses de mayo, julio, agosto y setiembre que la demanda, en estos meses el balance hídrico será negativo.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La microcuenca Huancacocha presenta una precipitación total media mensual con valores que oscilan entre 3.9 mm en el mes de julio y 268.6 mm en el mes de marzo. La microcuenca Miyu presenta una precipitación total media mensual con valores que oscilan entre 4.2 mm en el mes de julio y 289.7 mm en el mes de marzo. La microcuenca Patococha presenta una precipitación total media mensual con valores que oscilan entre 4.2 mm en el mes de julio y 286.8 mm en el mes de marzo.

De la evaluación de los caudales medios generados en la microcuenca de control Huanchuy, podemos determinar que se necesitaría un almacenamiento de 192,229 m<sup>3</sup> para regular un caudal de 32.7 l/s, el cual incluye los usos mineros, agrícolas y ecológicos. Se evaluaron varios lugares en la quebrada Huanchuy y no se ha encontrado un lugar propicio para tal fin, además que el almacenamiento calculado contempla satisfacer la demanda hídrica agrícola en forma total. Sin embargo, se ha propuesto un plan hídrico para mejorar las condiciones en la quebrada Huanchuy, aumento del caudal en época de estiaje, pero sin la necesidad de embalsar en la misma quebrada Huanchuy.

#### 3.1 Microcuenca Huancacocha

De los resultados podemos aseverar que la demanda de agua es cubierta por la oferta hídrica de la microcuenca Huancacocha al 75% de persistencia, generada a partir del modelo Lutz Schölz, siempre y cuando se regule el recurso hídrico mediante la construcción de un embalse. Tabla N° 14.

De acuerdo a los diseños de factibilidad de la presa Huancacocha, el embalse tendrá un espejo de agua de 10,148 m<sup>2</sup>. Con este dato se puede añadir la precipitación y la evaporación en la presa y recalculamos el volumen de almacenamiento necesario para regular un caudal de 2.3 l/s.

Para el caso de la compensación hídrica, represando la microcuenca Huancacocha (40,100 m<sup>3</sup>) se puede obtener un caudal regulado de 2.3 l/s, del cual 0.5 l/s son para uso ecológico (en la quebrada Huancacocha) y 1.8 l/s para uso agrícola u otro que crea conveniente la comunidad.

#### 3.2 Microcuenca Miyu

Del resultado obtenido podemos aseverar que la demanda de agua es cubierta por la oferta hídrica de la microcuenca Miyu al 75% de persistencia, generada a partir del modelo Lutz Schölz, siempre y cuando se regule el

recurso hídrico mediante la construcción de un embalse. Tabla N° 15.

De los diseños de factibilidad de la presa Miyu, el embalse tendrá un espejo de agua de 22,000 m<sup>2</sup>. Con este dato podemos añadir la precipitación y la evaporación en la presa y recalculamos el volumen de almacenamiento necesario para regular un caudal de 4.5 l/s.

#### 3.3 Microcuenca Patococha

De los resultados podemos aseverar que la demanda de agua es cubierta por la oferta hídrica de la microcuenca Patococha al 75% de persistencia, generada a partir del modelo Lutz Schölz, siempre y cuando se regule el recurso hídrico mediante la construcción de un embalse. Tabla N°16.

De acuerdo a los diseños de factibilidad de la presa Patococha, el embalse tendrá un espejo de agua de 20,574 m<sup>2</sup>. Con este dato podemos añadir la precipitación y la evaporación en la presa y recalculamos el volumen de almacenamiento necesario para regular un caudal de 5.0 l/s.

Para el caso de la regulación hídrica, represando las microcuencas Patococha (108,500 m<sup>3</sup>) y Miyu (112,500 m<sup>3</sup>) se puede obtener un caudal regulado de 9.5 l/s en conjunto, del cual 1.6 l/s son para el uso ecológico (en las quebradas Miyu y Patococha), 1.5 – 5.0 l/s para el uso minero y 6.4 – 2.9 l/s para el uso agrícola.

De la evaluación de los caudales medios generados en la microcuenca de control Huanchuy, podemos concluir que se necesitaría un almacenamiento de 192,229 m<sup>3</sup> para regular un caudal de 32.7 l/s, el cual incluye los usos mineros, agrícolas y ecológicos.

El mes con menor caudal mínimo medio mensual (setiembre) en la quebrada Huanchuy aporta 4.7 l/s en situación sin proyecto con una persistencia hidrológica del 95%. En el caso con proyecto y sin regulación hídrica en un caso de estiaje al 95% de persistencia se secaría la quebrada y en un caso de 75% de persistencia hídrica llegaría a mínimos que afectarían el régimen ecológico de la quebrada y a la población aguas abajo de la misma.

Finalmente, en la situación con proyecto y regulación hídrica (nueva propuesta) se tendrá una oferta de 10.7 l/s, en el mes de mayor estrés hídrico al 95% de persistencia hidrológica y 14.7 l/s al 75% de persistencia hidrológica.

Como se ha podido observar en los cuadros anteriores, el escenario con proyecto y regulación hídrica mejora las condiciones naturales de la quebrada Huanchuy, por lo que se puede concluir que esta regulación hídrica genera un impacto positivo en la zona, por lo que la alternativa planteada fue elegida como para ser utilizada en el proyecto San Luis, procediendo a realizar el diseño de las presas Miyu, Patococha y Huancacocha a nivel de factibilidad.

**Tabla Nº 14.** Volumen de almacenamiento para regular los caudales de demanda al 75% de persistencia en la microcuenca Huancacocha

Oferta hídrica(1) (m3/año)	Uso minero (m3/ año)	Uso agrícola (m3/año)	Uso ecológico (m3/año)	Total demanda(2) (m3/año)	Volumen de almacenamiento (m3/año)	Volumen de almacenamiento Incluye sedimentos a 10 años (m3/año)
109 309	0	57 396	15 768	81 980	38 564	40 064

(1) Incluye la precipitación sobre el vaso

(2) Incluye la evaporación del vaso

**Elaboración del autor****Tabla Nº 15.** Volumen de presa para regular los caudales de demanda al 75% de persistencia en la microcuenca Miyu

Oferta Hídrica(1) (m3/año)	Uso minero (m3/año)	Uso agrícola (m3/año)	Uso ecológico (m3/año)	Total demanda(2) (m3/año)	Volumen de almacenamien- to (m3/año)	Volumen de almacenamiento Incluye sedimentos a 10 años (m3/año)
164 753	0	122 990	18 922	160 151	79 542	112 342

(1) Incluye la precipitación sobre el vaso

(2) Incluye la evaporación del vaso

**Elaboración del autor****Tabla Nº 16.** Volumen de presa para regular los caudales de demanda al 75% de persistencia en la microcuenca Patococha

Oferta hídrica(1) (m3/año)	Uso minero (m3/año)	Uso agrícola (m3/año)	Uso ecológico (m3/año)	Total demanda(2) (m3/año)	Volumen de almacena- miento (m3/año)	Volumen de Almacenamiento Incluye sedimentos a 10 años (m3/año)
221 957	47 304	78 840	31 536	174 109	80 050	108 480

(1) Incluye la precipitación sobre el vaso

(2) Incluye la evaporación del vaso

**Elaborado por el autor**

#### IV. CONCLUSIONES

Del análisis meteorológico del proyecto se determinó que los meses que requieren el represamiento de agua, para mejor administración y mantener el caudal ecológico (Qec.), caudal para la conservación de actividades agrícolas (Qagric.) y caudal para desarrollo económico mediante la minera (Q act. mineras), son los meses de mayo a septiembre, meses en los que la actividad agrícola requiere seguir en crecimiento.

De la evaluación de los caudales medios generados en la microcuenca de control Huanchuy, podemos concluir que se necesitaría un almacenamiento de 192,229 m<sup>3</sup> para regular un caudal de 32.7 l/s, el cual incluye los usos mineros, agrícolas y ecológicos.

El estudio de hidrología para las zonas de *Huancacocha*, *Miyu* y *Patococha* en los cálculos de los caudales permite determinar la oferta hídrica de la quebrada siguiente:

- Z. Huancacocha, en julio menor caudal de 0.9 l/s y en marzo el máximo caudal 19 l/s.
- Z. Miyu, en julio el menor caudal de 1.5 l/s y en marzo el máximo caudal 26.7 l/s.
- Z. Patococha, en julio el menor caudal de 1.7 l/s y en marzo el máximo caudal 36.8 l/s.

Del balance hídrico de la microcuenca de control Huanchuy (MMC) – año seco, se determinó que los meses de

mayo a noviembre son de estiaje y hay un déficit a cubrir, por lo que se propone la regulación mediante el embalse, mientras que en los meses de diciembre a abril se observa el superávit que cubre la demanda anual.

La actividad minera va a impactar la cantidad de agua, determinándose un déficit de agua sabiendo que la demanda agrícola promedio aguas abajo del proyecto es de 22.72 l/s.

De los estudios realizados se determinó que la capacidad de almacenamiento de las 3 zonas: Miyu, Patococha y Huancacocha, sin proyecto y con proyecto son:

Sin proyecto : 8,050 m<sup>3</sup>

Con proyecto: 198,156 m<sup>3</sup>.

De la regulación hídrica y la construcción de las microrrepresas como medidas de desarrollo sustentable, se ha determinado que se tendrá un almacenamiento de 198,156 m<sup>3</sup> de agua para ser vertida a la microcuenca Huanchuy en los meses de seca.

#### V. AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento a la Empresa Minera Reliant Venturet por su apoyo en la realización de la tesis y a los ingenieros Óscar Tinoco y Aníbal Infante por su colaboración y apoyo a la realización de dicho trabajo.

**VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Aguiló, M. 1981. Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje. Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. de Caminos, Univ. Politécnica de Madrid.
2. Alva, J. & Castillo, J. 1993. Peligro Sísmico en el Perú. (Seismic Hazard in Perú). 7th National Congress of Soils Mechanics and Foundations Engineering. Lima, Perú.
3. Asesores Técnicos Asociados. (2002). Plan de gestión de la oferta de agua de la Cuenca de Gestión Santa. Lima-Perú.
4. Autoridad Nacional del Agua. (2008). *Delimitación y codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú. Lima - Perú: ANA.*
5. Conesa, V. 2003. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 3º ed. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
6. Dixon J., Fallon L., Carpenter R., Sherman P. (1994). Análisis Económico de Impacto Ambiental. Earthscan. Tomas Saravi A. (Traducción).
7. FAO 2006. Mapa de Suelos de la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura).
8. Gutiérrez E., Edgar y Baldares C., Manuel (1996). El índice aproximado de sostenibilidad: un instrumento para la evaluación del desempeño nacional en sostenibilidad. Una aplicación a los sectores agrícolas y de recursos naturales de Costa Rica. Serie Aportes para el Análisis del Desarrollo Humano Sostenible - San José, Costa Rica.
9. INEI. 2007. Perfil Sociodemográfico del Perú.
10. INRENA. 1994. Mapa Ecológico del Perú. Lima, Perú, Segunda Edición.
11. INRENA. 1995. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Mapa Ecológico del Perú. Guía explicativa. Edit. INRENA. Lima, Perú.
12. INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO, METALÚRGICO DEL PERÚ. Geología del cuadrángulo de Huaraz- Recuay (2002).
13. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2007). Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda.
14. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (2007). Guía para la evaluación de impactos en la calidad de las aguas superficiales por actividades minerometalúrgicas. Primera Edición.
15. Municipalidad Distrital de Shupluy (2012). Mejoramiento del canal de riego Chacahuain – Pauran, distrito de Shupluy, provincia de Yungay - Áncash.
16. MEM (1998). Estudio de evaluación ambiental territorial y de planeamiento para reducción o eliminación de la contaminación de origen minero en la cuenca del río Santa. Lima - Perú: MEM-DGAA.
17. Olivera, G. R. (2008). Caracterización socioeconómica de la cuenca del río Santa. Huaraz-Perú: Proyecto SCNCC-ELI. SANTA.
18. Pouyaud, B., Yerren, J., & Zapata, M. (2003). Glaciares y recursos hídricos en la cuenca del río Santa. Huaraz-Perú.
19. Reliant Ventures (2007). Proyecto Minero “San Luis”, ubicadas en el distrito de Shupluy, provincia de Yungay, departamento de Áncash.
20. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. Información hidrológica y meteorológica de la zona de Shupluy.
21. Sánchez- Torres, B. (2005). Una propuesta de valoración para el recurso hídrico proveniente de la cuenca alta del río Botanamo. Estado Bolívar. Venezuela. Tesis de Magíster en Ciencias Ambientales. UNEG. Venezuela.
22. SENAMHI (2005). Impacto hidrológico del fenómeno El Niño y La Niña - Cuenca del río Santa. Lima – Perú - SENAMHI.
23. UICN (2011). Situación actual y rol de los ecosistemas en la regulación hidrológica de la cuenca del río Santa.