



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**T E S I S**

**DÉFICIT DE ALMACENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO  
PARA ACTIVIDAD MINERA SECTOR OYO OYO,  
DISTRITO DE ICHUÑA, PROVINCIA GENERAL  
SÁNCHEZ CERRO, MOQUEGUA, 2019**

**PRESENTADA POR:**

**BACHILLER ANGEL PAUL RUEDA FRIAS**

**ASESOR:**

**ING. EMERSHON ESCOBEDO CABRERA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2021**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Pagina de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xi
ÍNDICE DE PLANOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la Realidad del Problema.....	1
1.2. Definición del Problema.....	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6

1.4. Justificación.....	6
1.4.1. Desde la perspectiva de conveniencia.....	7
1.4.2. Desde la perspectiva social. ....	7
1.4.3. Desde la perspectiva práctica. ....	7
1.5. Alcances y Limitaciones .....	8
1.5.1 Alcances. ....	8
1.5.2. Limitaciones .....	8
1.6. Variables .....	8
1.6.1. Identificación de variables. ....	8
1.6.2. Operacionalización de variables. ....	9
1.7. Hipótesis de la investigación.....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la Investigación .....	10
2.1.1. Ámbito internacional.....	10
2.1.2. Ámbito nacional.....	11
2.1.3. Ámbito local.....	12
2.2. Marco Teórico.....	13
2.2.1. Déficit de almacenamiento del recurso hídrico.....	13
2.2.2. Actividad minera.....	13
2.2.3. Cantidad del recurso hídrico. ....	14
2.2.4. Etapa.....	14

2.2.5. Disponibilidad del recurso hídrico. ....	15
2.2.6. Época del año. ....	15
2.2.7. Estructura de ingeniería. ....	15
2.2.8. Presas. ....	16
2.2.9. Clasificación de presas. ....	16
2.2.10. Elementos constituyentes principales. ....	18
2.2.11. Elementos constituyentes secundarios. ....	21
2.2.12. Presas de tierra. ....	21
2.2.13. Criterios básicos de pre dimensionamiento. ....	23
2.3. Marco Conceptual ....	27
2.3.1. Del proyecto de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. ....	27
2.3.2. Distrito de Ichuña. ....	29
2.3.3. Zona de estudio. ....	33
2.3.4. Estructura de Almacenamiento. ....	33
2.3.5. Requerimientos de diseño. ....	34
2.3.6. Diseño de la presa. ....	36

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

3.1. Tipo de Investigación. ....	39
3.2. Diseño de la Investigación ....	39
3.3. Población y Muestra. ....	40
3.3.1. Población. ....	40

3.3.2. Muestra.....	40
3.4. Descripción de Instrumentos para Recolección de Datos .....	41
3.4.1. Estudio hidrológico. ....	41
3.4.2. Estudio topográfico. ....	41
3.4.3. Estudio geológico y geotécnico. ....	42
3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....	42

## **CAPÍTULO IV**

### **ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Presentación de Resultados .....	43
4.1.1. Déficit de almacenamiento del recurso hídrico.....	43
4.1.2. Disponibilidad del recurso hídrico. ....	44
4.1.3. El diseño de la presa de almacenamiento soluciona el déficit del recurso hídrico.....	45
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	47
4.3. Discusión de Resultados .....	48

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones .....	50
5.2. Recomendaciones.....	51

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
APENDICES.....	56
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	196
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	197

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Operacionalización de las variables .....	9
Tabla 2. Borde libre recomendado para presas de tierra .....	26
Tabla 3. Talud tentativo de presa de tierra .....	27
Tabla 4. Talud de la presa de tierra .....	27
Tabla 5. Vía de acceso de capital de departamento hacia capital de distrito .....	32
Tabla 6. Vía de acceso de capital de distrito hacia la zona de estudio.....	33
Tabla 7. Volumen estimado por precipitación anual en el proyecto San Gabriel.	43
Tabla 8. Precipitación promedio mensual en el proyecto San Gabriel. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Precipitación promedio mensual anual estación Ichuña.....	2
Figura 2. Aplicando Pareto .....	2
Figura 3. Diagrama de Ishikawa .....	3
Figura 4. Diagrama de Ishikawa con el problema principal .....	4
Figura 5. Presa de tierra de seccion homogenea. ....	18
Figura 6. Vertedor de excedencias. ....	19
Figura 7. Desague de fondo. ....	19
Figura 8. Dren horizontal. ....	20
Figura 9. Elementos de monitoreo de presa. ....	20
Figura 10. Elementos de la presa de tierra. ....	22
Figura 11. Diagrama para calcular el borde libre.....	26
Figura 12. Mapa de ubicación del Distrito de Ichuña. ....	32

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
Apéndice A Actualización Hidrologica .....	57
Apéndice B Geotecnia.....	101
Apéndice C Calculo del borde libre, nivel de cimentación y altura de la presa .	136
Apéndice D Aporte de sedimentos.....	140
Apéndice E Analisis de infiltración y estabilidad fisica de taludes .....	165

## ÍNDICE DE PLANOS

	<b>Pag.</b>
B-01 Planos geologicos - geotecnicos; Investigaciones geotecnicas - Presa de agua .....	172
B-02 Planos geologicos - geotecnicos; Exploraciones geofisicas - Presa de agua.....	173
B-03 Planos geologicos - geotecnicos; Mapeo geologico geotecnico - Presa de agua.....	174
B-04 Planos geologicos - geotecnicos; Secciones geologicas geotecnicas - Lamina 1 de 2 .....	175
B-05 Planos geologicos - geotecnicos; Secciones geologicas geotecnicas - Lamina 2 de 2 .....	176
C-01 Calculo del fetch efectivo.....	177
C-02 Cimentación .....	178
C-03 Presa de agua – Planta.....	179
C-04 Presa de agua – Secciones.....	180
C-05 Presa de agua - Detalles generales .....	181
C-06 Sección geotecnica de estabilidad –Planta.....	182
C-07 Sección geotecnica de estabilidad -Sección 1'-1' .....	183
D-01 Sub cuencas de aporte .....	184
D-02 Mapa de pendientes.....	185
D-03 Factor K .....	186
D-04 Factor LS .....	187
D-05 Factor C.....	188

E-01 Analisis de infiltración – Condiciones de borde – Embalse lleno .....	189
E-02 Analisis de infiltración – Presión de poros – Embalse lleno .....	190
E-03 Analisis fisico de estabilidad de taludes – Talud aguas arriba – Final de la construcción .....	191
E-04 Analisis fisico de estabilidad de taludes – Talud aguas abajo – Final de la construcción .....	192
E-05 Analisis fisico de estabilidad de taludes – Condición estatica – Embalse lleno .....	193
E-06 Analisis fisico de estabilidad de taludes - Condición pseudo estatica - Embalse lleno.....	194

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo describir a través de frecuencias nuestra variable de interés denominada déficit de almacenamiento del recurso hídrico. Este estudio se enmarcó dentro de las investigaciones de tipo básico y de nivel descriptivo ya que por medio de la observación y descripción de la variable se llega a caracterizar la misma. El método empleado fue analítico, con un diseño de investigación no experimental. La población y muestra son coincidentes, los datos estadísticos que sostuvieron esta investigación vienen de los resultados obtenidos a través de un enfoque cuantitativo. Para la recolección de la información se gestionó con la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. la proporción de los estudios Hidrológico, Topográfico y Geológico – Geotécnico en su etapa de pre factibilidad y factibilidad correspondientes a la zona de estudio. El resultado sobre el almacenamiento del recurso hídrico indica que es deficiente para la actividad minera sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

**Palabras clave:** Déficit de almacenamiento, recurso hídrico, actividad minera.

## **ABSTRACT**

This research aimed to describe our variable of interest called water resource storage deficit through frequencies. This study was framed within basic type and descriptive level investigations since through observation and description of the variable it is possible to characterize it. The method used was analytical; with a non-experimental research design. The population and sample are coincident, the statistical data that supported this research come from the results obtained through a quantitative approach. To collect the information, it was managed with Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. the proportion of Hydrological, Topographic and Geological-Geotechnical studies in their pre-feasibility and feasibility stage corresponding to the study area. The result on the storage of the water resource indicates that it is deficient for the mining activity in the Oyo Oyo sector, Ichuña district, General Sánchez Cerro province, Moquegua, 2019.

**Keywords:** Storage deficit, water resource, mining activity.

## INTRODUCCIÓN

La actividad minera a pequeña y gran escala necesita ingentes cantidades de agua para sus procesos. Pensar un proyecto minero sin disponibilidad de agua es imposible. Sobre la relación agua y minería (Padilla, 2008) dice:

La búsqueda de minerales es importante, pero la búsqueda de agua es una condición para poder desarrollar la actividad minera. Cuando decimos que se invierten millones de dólares en exploración minera en el mundo, en realidad la parte importante es la exploración de agua. Porque si no hay agua, no hay minería. (p.8)

Siendo la relación entre el agua y la actividad minera intrínseca, la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., asentada en la localidad de Oyo Oyo, requiere garantizar el abastecimiento permanente del recurso hídrico para todos sus procesos. En la zona donde está asentada la minera perteneciente al ande peruano, en la parte alta de la región Moquegua no existe oferta hídrica disponible. Siendo estas circunstancias causa del déficit del recurso hídrico materia de la presente investigación.

Según registros hidrometeorológicos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), se tiene dos comportamientos marcados en la zona: temporada de lluvias (precipitaciones) y temporada de sequía (estiaje).

Ante estas circunstancias la presente investigación busca una alternativa adecuada para solucionar el déficit del recurso hídrico que se presenta, teniendo claro que la solución propuesta no debería afectar la poca oferta de agua existente en la zona que es utilizada en actividades agrícolas.

El recurso hídrico es limitado y la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. pretende abastecer con agua de lluvias sus actividades mineras siendo el propósito de la presente investigación la solución técnica operativa que se alcanza en la presente propuesta.

La presente investigación se orienta en tres aspectos, primero cual es realmente la demanda que requiere la actividad minera, teniendo claro que debe considerarse la etapa de construcción y la etapa de explotación. Un segundo ítem es determinar ¿cuál es la oferta hídrica de la zona?, ¿qué fuentes de agua existen?, ¿cuál es su comportamiento?, ¿es permanente?, ¿cuándo varía? Y por último del balance entre la oferta y la demanda, definir si existe algún volumen de agua disponible o aprovechable que permita evaluar la posibilidad de atender el déficit del recurso hídrico.

El aspecto predominante en la investigación se refiere a las condiciones de abastecimiento permanente que requiere la actividad minera, es importante la definición y diseño de la estructura de almacenamiento que sustente la solución buscada. Eliminar el déficit.

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la Realidad del Problema**

La disponibilidad del recurso hídrico en la región Moquegua es limitada, toda fuente permanente de agua está destinada su uso. La explotación minera requiere agua para las actividades de explotación de minerales, y procesamiento correspondiente, pero como refiere (Estévez & Vázquez, 2017)

Intensos conflictos sociales en rechazo a la expansión y a los efectos de los proyectos mineros fueron en aumento durante toda la década. Por ejemplo, durante 2003 y 2004 en Cajamarca se llevaron a cabo acciones colectivas contenciosas en contra de las empresas mineras por los perjuicios causados a los recursos hídricos, y por la falta de control y la desprotección del medio ambiente. (p.58)

El asentamiento de la empresa minera en una zona de explotación, implica modificación del uso del recurso hídrico, para tal fin la empresa analiza la mejor opción de ingeniería que evite o minimice algún tipo de conflicto por el uso del recurso hídrico.

Según reporte del SENAMHI la estación Ichuña presenta la siguiente precipitación promedio mensual anual:

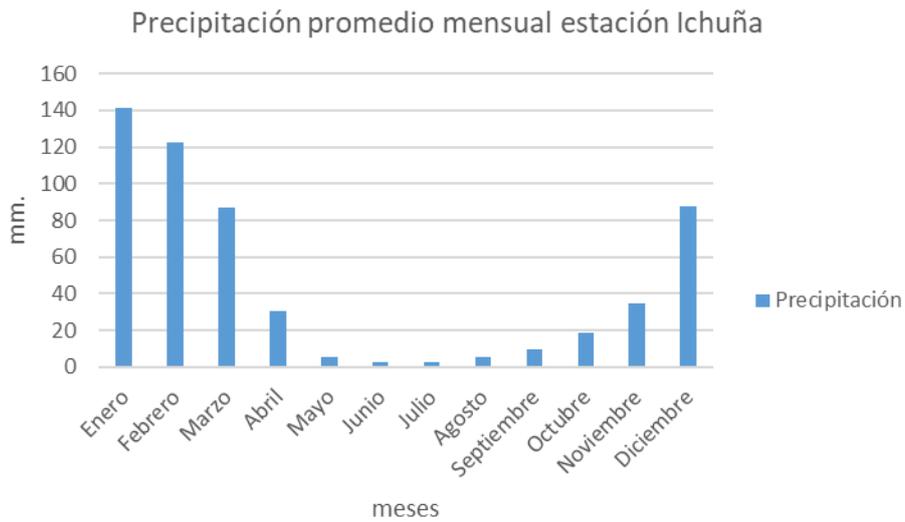


Figura 1. Precipitación promedio mensual anual estación Ichuña

En la figura 1 se observa la existencia de temporada de estiaje y temporada de lluvias; si a esta representación se aplica el principio de Pareto se obtiene:

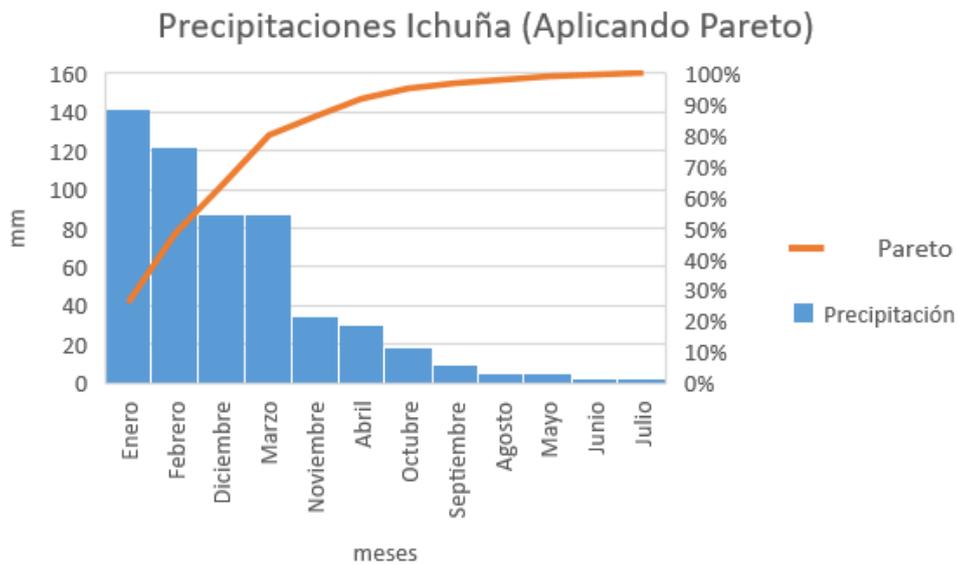


Figura 2. Aplicando Pareto

El principio de Pareto o ley 80/20, permite identificar que el 80% de la precipitación en Ichuña ocurre durante los meses de enero, febrero, marzo, diciembre (cuatro meses), y los restantes 8 meses la precipitación es mínima.

Las fuentes de agua se inventarían y aforan por encargo del ministerio de Agricultura. No aparecen nuevas fuentes de agua, contrariamente la tendencia es a desaparecer.

En ese orden de ideas, los eventos descritos se llevan a un diagrama de Ishikawa que se utiliza para mostrar y analizar la relación del efecto y sus posibles causas (Gutiérrez, 2010) , siendo el resultado el siguiente:

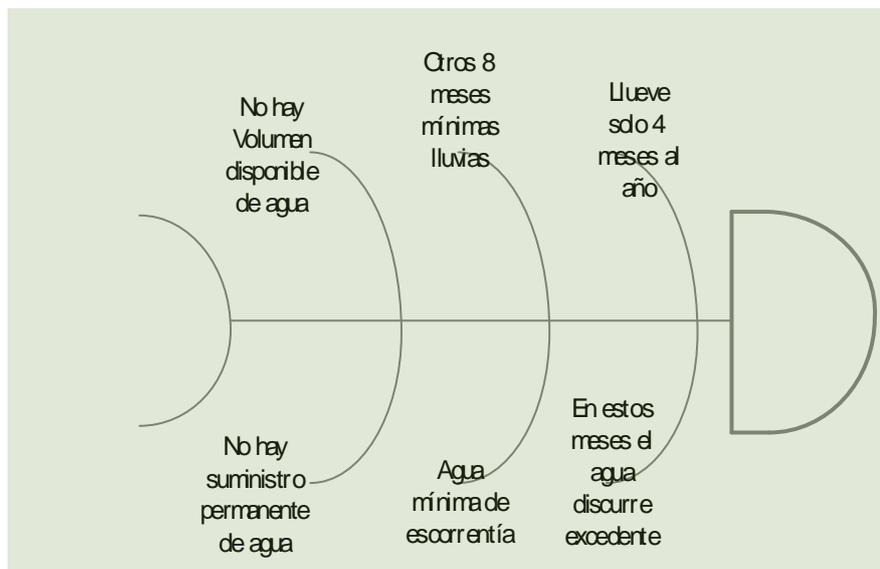


Figura 3. Diagrama de Ishikawa

Adicionalmente está el requerimiento de la empresa minera de disponer de un volumen de agua permanente durante todo el año, independiente de la época de lluvia o estiaje de la zona que, incluido dentro del diagrama de Ishikawa, identifica la problemática del presente estudio obsérvese a continuación:

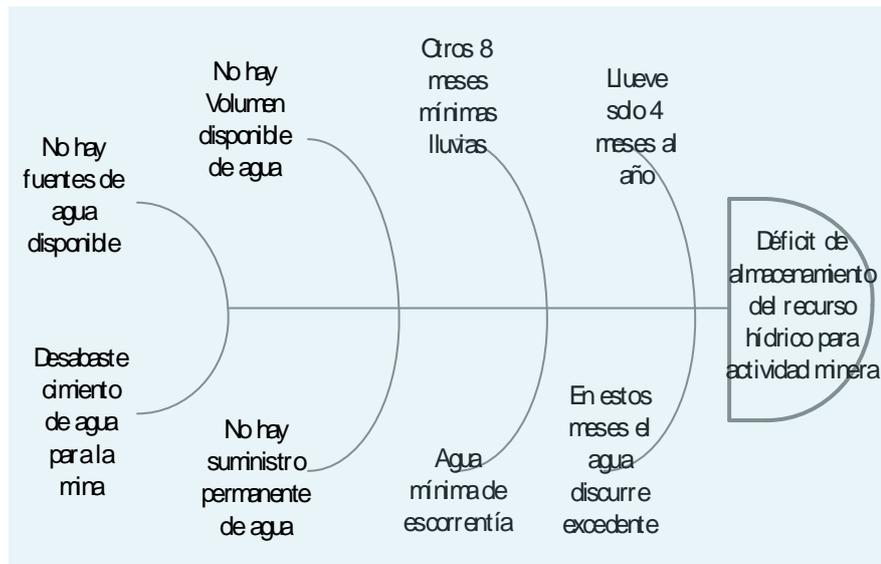


Figura 4. Diagrama de Ishikawa con el problema principal

La problemática identificada imbuye que en la zona el 80 % de la precipitación se presentan en cuatro meses, produciendo excedente de escorrentía que discurre libremente, en los 8 meses restantes del año la precipitación es mínima o inexistente. Otro factor incidente en la problemática es que la actividad minera requiere un abastecimiento permanente de agua, hecho complementado por la no disponibilidad e inexistencia de nuevas fuentes de agua. Siendo la síntesis del análisis la existencia del Déficit de almacenamiento del recurso hídrico para actividad minera en el sector de Oyo del distrito de Ichuña.

Es conocido el conflicto que se tiene por el uso del agua, sino hay que recordar cada año como en los meses de Enero, Febrero y Marzo los agricultores del valle del Tambo pertenecientes a la región Arequipa, solicitan dotación hídrica de la presa de Pasto Grande en Moquegua.

El estudio relación de la minería con la sociedad en Moquegua, Argüelles (2004) menciona:

La actividad minera realizada por la SPCC requiere cantidades elevadas de agua. Dada la escasez de recursos hídricos existente en el departamento compite con los agricultores locales (y pobladores urbanos) por el acceso a los mismos. Balbín demuestra que la demanda de agua por parte de la empresa redujo la cantidad de agua disponible para los agricultores del valle de Moquegua (hasta la puesta en funcionamiento del proyecto Pasto Grande en la década de los noventa). (p.114)

Las operaciones mineras afectan la cantidad de agua para la agricultura de la zona donde se asientan, siendo la principal fuente de conflicto social.

## **1.2. Definición del Problema**

El problema se definió considerando el análisis descriptivo, la clasificación de Pareto y el concepto de que el problema representa un hecho material factible de ser resuelto.

### **1.2.1. Problema general.**

¿La cantidad estimada del recurso hídrico anual promedio es un volumen entre los 3991932 m<sup>3</sup> y los 14732781 m<sup>3</sup> sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

#### ***1.2.2.1. Problema específico 1.***

¿Es permanente el volumen del recurso hídrico para almacenamiento en el sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua, 2019?

#### ***1.2.2.2. Problema específico 2.***

¿Cuál es la solución al déficit de almacenamiento del recurso hídrico para actividad minera sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua, 2019?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Describir la cantidad de recurso hídrico en la etapa constructiva y de operación, requerida para actividad minera en el sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

##### ***1.3.2.1. Objetivo específico 1.***

Describir la disponibilidad del recurso hídrico para almacenamiento en el sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

##### ***1.3.2.2. Objetivo específico 2.***

Determinar el diseño de la estructura de ingeniería que soluciona el déficit de almacenamiento del recurso hídrico para uso en la actividad minera sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

### **1.4. Justificación**

Se parte de lo expuesto por Hernández, Fernández & Baptista (2014) “*es necesario justificar el estudio mediante la exposición de sus razones (el para qué del estudio o por que debe efectuarse)*” (p.40)., el mismo autor aclara que: “lo que

quizás es importante para algunos no lo sea para otros”, en ese orden de ideas la redacción de la presente justificación, se orienta por los criterios de: conveniencia (para que sirva), relevancia en la sociedad (que alcance social tiene) y aplicación práctica (ayuda a resolver un problema real).

#### **1.4.1. Desde la perspectiva de conveniencia.**

La presente investigación sirve para solucionar el déficit del recurso hídrico del proyecto de explotación minera desarrollado por Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., asentada en la localidad de Oyo Oyo, tanto en etapa constructiva como en explotación. El abastecimiento de agua debe ser permanente durante todo el año.

#### **1.4.2. Desde la perspectiva social.**

La presente investigación busca abastecer de agua al proyecto minero de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., evitando de esta manera cualquier afectación a las personas que viven en la zona, evitando afectar la agricultura y de esta forma cualquier inconveniente social.

#### **1.4.3. Desde la perspectiva práctica.**

La presente investigación será de utilidad práctica para la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A., a fin de disponer de un volumen de recurso hídrico para sus procesos de explotación y operación, el volumen requerido será abastecido en forma permanente durante todo el año, según la solución hallada en la presente investigación.

## **1.5. Alcances y Limitaciones**

### **1.5.1 Alcances.**

La presente investigación busca alcanzar la propuesta óptima de ingeniería, acorde a las condiciones topográficas e hidráulicas obtenidas en el estudio que soluciona el déficit en el almacenamiento del recurso hídrico para la actividad minera en el sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña.

### **1.5.2. Limitaciones**

La presente investigación no trata la interacción social, simpatías u subjetividades que conlleva el asentamiento y explotación minera. Así como no es competencia del presente estudio los procesos sociales en el ámbito de influencia de la mina.

## **1.6. Variables**

Las variables representaran los términos a usar, permitirán identificar los diferentes procesos que se usaran como guía en el presente estudio.

### **1.6.1. Identificación de variables.**

#### ***1.6.1.1. Variable de interés.***

- Déficit de almacenamiento del recurso hídrico.

#### ***1.6.1.2. Variables intervinientes.***

- Actividad minera
- Cantidad de recurso hídrico
- Etapa
- Disponibilidad de recurso hídrico
- Época del año

### 1.6.2. Operacionalización de variables.

En la Tabla 1 se presenta las variables, disgregadas en indicadores, unidad, categorías y escala.

**Tabla 1**  
*Operacionalización de las variables*

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad/categorías</b>	<b>Escala</b>
<b><i>Variable de interés</i></b>			
<i>Déficit de almacenamiento del recurso hídrico</i>	Volumen	m <sup>3</sup>	Intervalo
<b><i>Variables intervinientes</i></b>			
<i>Actividad minera</i>	Operación	Si/No	Nominal
<i>Cantidad del recurso hídrico</i>	Caudal	l/s	Intervalo
<i>Etapa</i>	Tiempo	mes	Nominal
<i>Disponibilidad del recurso hídrico</i>	Caudal	l/s	Intervalo
<i>Época del año</i>	Tiempo	mes	Nominal

### 1.7. Hipótesis de la investigación

La cantidad estimada del recurso hídrico anual promedio es un volumen de 9159570 m<sup>3</sup> sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

##### **2.1.1. Ámbito internacional.**

La presa como estructura hidráulica debe garantizar que el volumen de agua almacenada permanezca dentro del embalse, es decir garantizar la mínima pérdida de agua por efectos de filtración, en el ámbito internacional luego de la búsqueda realizada, la referencia más reciente ha sido desarrollado en la tesis de investigación *Modelo para evaluar los beneficios asociados a un embalse de abastecimiento de agua para minería, considerando incertidumbre*, en el cual Sturla (2013) en sus conclusiones sostiene:

La satisfacción de largo plazo de la demanda por agua fresca para el proceso minero, sin perjuicio que puede ser mejorado incorporando los demás conceptos que pueden recoger períodos de insatisfacción de corto plazo u otros elementos. (...) Es de mucha relevancia dejar claro que hay beneficios no considerados en la evaluación económica del proyecto Embalse, entre ellos cabe destacar algunos fundamentales como: Control de Crecidas, regulación para agricultura, función de los glaciares. (p.138)

Como se aprecia en la tesis de grado se demuestra que el abastecimiento de agua fresca para actividades mineras a través de una presa tiene otras ventajas que correspondería evaluar económicamente tales como: el control de crecidas o conocidos como avenidas, huaycos, que si bien no son la razón principal de la formulación de la investigación es un beneficio adicional de la implementación de una estructura de almacenamiento para la minería.

### **2.1.2. Ámbito nacional.**

La idealización del comportamiento hidráulico del embalse debe asemejar las condiciones de operación de la presa, para tal fin en la investigación *Generación de un modelo matemático para el estudio de la operación de embalses con enfoque multipropósito* en el cual Torres (2017) en sus conclusiones sostiene:

El modelo matemático generado reúne las principales ecuaciones de la mecánica de fluidos que describen el comportamiento de los fluidos y haciendo uso de este se pueden simular las operaciones de embalses frente a distintos escenarios de cara a la evaluación de factores de riesgo tales como: el borde libre de la presa, máxima velocidad de descenso del nivel de agua del embalse y la máxima velocidad abrasiva en compuerta de fondo. (p.160)

Como se aprecia en la tesis de grado se demuestra que la representación matemática de la simulación de embalse y su respuesta a diferentes solicitaciones es coherente al comportamiento real del embalse. Estas conclusiones validan el enfoque metodológico que se emplearan en el desarrollo de la presente investigación. En la siguiente conclusión aclara que con el modelo matemático se

obtienen resultados más realistas que con uso de software, por estar limitado el software a condiciones que muchas veces es necesario que el investigado controle.

### **2.1.3. Ámbito local.**

Respecto al diseño de presas de tierra, se ha realizado una investigación comparativa entre presa de tierra y presas de enrocado con pantalla de concreto, se desarrolló esta investigación en el distrito de Lloque, Provincia de Sánchez Cerro, Región Moquegua, que es la más semejante a la zona del proyecto, ha sido materia de investigación en la tesis de grado *Estudio comparativo del diseño de una presa de enrocado con pantalla de concreto versus la presa de tierra con núcleo arcilloso en la quebrada de Juiñas, distrito Lloque – Región Moquegua* el autor Catunta (2014) concluye :

Las presas de tierra de núcleo de arcilla tienen mejores condiciones que las presas de enrocado de pantalla de concreto.

El factor de seguridad de estabilidad de los taludes de las presas de tierra con núcleo de arcilla cuando el embalse está lleno, en condiciones estáticas tiene valores de 1,77 a 2,91 siendo más conservador que el de la presa de enrocado que tiene factores de 1,70 y 1,84.

La presa de tierra con núcleo de arcilla en un análisis pseudo estático (sismo de 0,19g horizontal) estando el embalse lleno alcanza factores de seguridad de 1,18 a 1,73 mayores a los que alcanza la de enrocado con pantalla de concreto de 1,03 a 1,19.

Las filtraciones en las presa de enrocado con pantalla de concreto ( $3,64 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ) es diez veces mayor al de la filtraciones que se producen en la presa de tierra con núcleo de arcilla ( $0,377 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ).

El costo de relleno de la presa de tierra con núcleo de arcilla es menor al costo de la presa de enrocado con pantalla de concreto.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Déficit de almacenamiento del recurso hídrico.**

En el contexto de la presente investigación se refiere a la falta de acumulación del recurso hídrico proveniente de una fuente superficial temporal producto de la escorrentía utilizando una estructura hidráulica.

El déficit de almacenamiento se produce cuando la actividad minera considera instalarse en el sector de Oyo Oyo, requiriéndose el suministro permanente de agua para sus operaciones.

La escala de medición del déficit de almacenamiento es el metro cubico, y más apropiadamente el Hectómetro cubico que expresa centenas de miles de metros cúbicos.

### **2.2.2. Actividad minera.**

Se denomina actividad minera al conjunto de operaciones realizadas por la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A con la finalidad de llevar a cabo la explotación del yacimiento de mineral. Cuando se identifica un posible yacimiento, se realiza una evaluación integral conducente a determinar si es factible la explotación del mismo. Es decir, se consideran factores ambientales, sociales, económicos y de rentabilidad que determinan la viabilidad o no del proyecto minero.

Para la presente investigación se considerará solo como presencia o ausencia de actividad minera en el sector de Oyo Oyo.

### **2.2.3. Cantidad del recurso hídrico.**

Se denomina así a la cantidad de agua necesaria para la actividad minera, constituida por la cantidad de agua para la construcción de la infraestructura, agua para consumo humano, agua para las operaciones de la explotación minera, volumen de agua de emergencia. Determinándose esta del análisis de los procesos propios de la actividad minera, su indicador es el caudal y la unidad de medida es litros por segundo de agua.

### **2.2.4. Etapa.**

La demanda de agua en la zona estará directamente vinculada con las etapas de la actividad minera. Luego de la aprobación de la viabilidad y conveniencia para la actividad minera, prosiguen dos etapas marcadamente diferenciadas que requieren ser abastecidas del recurso hídrico, estas etapas a considerar son:

#### ***2.2.4.1. Etapa de construcción.***

El volumen de agua requerido en la construcción de la infraestructura para el desarrollo de la actividad minera está incluido en el estudio. Dentro de lo que se incluye las obras tempranas, movimiento de tierras, obras civiles, estructuras metálicas, montaje electromecánico y comisionamiento, el cual garantizara la etapa de explotación de la compañía.

#### ***2.2.4.2. Etapa de explotación.***

En la etapa de explotación se considera la demanda de agua con fines estrictamente de explotación, esta será en cantidades permanentes y establecidas por la demanda que pueda tener las operaciones de explotación de la mina.

Para la presente investigación se considera estas dos etapas, las cuales están medidas en meses.

### **2.2.5. Disponibilidad del recurso hídrico.**

Corresponde a la oferta hídrica o el caudal disponible en la zona de estudio, agrupa las diferentes fuentes de agua, superficial (ríos, escorrentías), subterránea (manantiales, galerías filtrantes) así como el comportamiento del caudal durante el tiempo: flujo permanente, flujo variado.

### **2.2.6. Época del año.**

El comportamiento del caudal durante el tiempo no es permanente, pues la época del año influye en la cantidad de recurso hídrico disponible, en la zona de estudio se tienen épocas la de lluvias y sequía, para fin de investigación se consideran los meses como unidad de medición de estas épocas.

### **2.2.7. Estructura de ingeniería.**

En la presente investigación al conjunto de toda la infraestructura que permita el almacenamiento de grandes volúmenes de agua, se denomina estructura de ingeniería.

Por características propias, la estructura de ingeniería que permite el embalse de grandes volúmenes de agua superficial, es la presa.

La elección del tipo de presa está en función a diferentes consideraciones que pasan por las condiciones topográficas de la zona, disponibilidad del material de construcción, volumen del embalse necesario, fuerzas actuantes y otras que permitirán determinar finalmente el diseño de la estructura de la presa, que permita eliminar el déficit de recurso hídrico.

En consecuencia, el diseño de la infraestructura de ingeniería es la de mayor incidencia en el presente estudio, profundizándose por tal razón en el tema.

### **2.2.8. Presas.**

Estructura hidráulica construida por el hombre en un cauce para almacenar fluidos.

Las presas han dejado de ser exclusivamente estructuras destinadas a almacenar agua, se las utiliza también para almacenar flujos producidos en la explotación minera (relaves), flujos producidos por precipitaciones pluviales a fin de controlar las inundaciones.

Gómez (1972) Menciona que: “la primera presa de la que se tiene noticia es la de Marduk (el Nemrod de la Biblia), rey fabuloso de la antigua Caldea. Esta presa estuvo construida a través del Tigris y se derrumbó a fines del siglo XIII” (p.1161).

### **2.2.9. Clasificación de presas.**

Las presas se pueden clasificar usando diferentes criterios:

#### ***2.2.9.1. Según el material usado para su construcción.***

Dentro de esta clasificación se tiene:

- Presas de tierra
- Presas de enrocado (relleno de roca)
- Presas de mampostería solida de gravedad
- Diques de madera
- Presas de concreto
- Presas de acero

Las cuatro primeras han sido utilizadas desde tiempos remotos, mientras que las últimas dos se han desarrollado en el último siglo.

### **2.2.9.2. Según su uso (United States Bureau of Reclamation, 1987) .**

#### **2.2.9.2.1. Presas de almacenamiento.**

Son aquellas que se utilizan para almacenamiento en época de excedencias y utilizarlas de acuerdo a una demanda o necesidad.

#### **2.2.9.2.2. Presas de retención.**

Son aquellas utilizadas para atenuar y regular las repentinas crecidas o avenidas que pueden causar inundaciones.

#### **2.2.9.2.3. Presas de derivación.**

Se construyen para elevar la carga hidráulica con fines de conducir o trasladar el agua para usos de proyectos de irrigación, usos de hidroeléctricas, industriales u otros usos.

### **2.2.9.3. Según su diseño hidráulico.**

#### **2.2.9.3.1. Presas de desbordamiento.**

Son las que permiten el vertimiento del agua por su cresta, generalmente hechas de concreto.

#### **2.2.9.3.2. Presas sin desbordamiento.**

Son aquellas que no permiten el vertimiento de aguas por encima de la cresta, generalmente corresponden a presas de tierra y escollera.

Generalmente se combinan estos dos tipos para tener parte de la cresta vertiente de concreto y con rellenos de tierra o escollera.

### **2.2.9.4. Según su tipo básico de diseño.**

#### **2.2.9.4.1. Presas de gravedad.**

Considera generalmente a la presa de gravedad de concreto, caracterizada por que la única fuerza que actúa es el peso de la presa de concreto.

#### 2.2.9.4.2. Presas de arco.

Son aquellas presas de concreto tipo arco que aprovecha su configuración para sus apoyos en los lados de la presa.

#### 2.2.9.5. Según su tipo de material.

##### 2.2.9.5.1. Presas de concreto.

Presas de concreto en donde la estructura de la presa se ha utilizado concreto en forma de Concreto Vibrado Convencional (CVC), Concreto Compactado Rodillado (CCR), concreto en contrafuertes. También dentro están consideradas las presas de arco de uno y doble curvatura.

##### 2.2.9.5.2. Presas de relleno de tierra, relleno de rocas, o, materiales sueltos.

Es aquella estructura en la cual el cuerpo de la presa esta rellena de tierra, rocas o materiales sueltos, aprovechan la existencia de material disponible para la construcción de la presa, pudiendo ser de sección homogénea, con núcleos de arcilla, pantalla de concreto.

#### 2.2.10. Elementos constituyentes principales.

Independientemente del tipo del material la presa tiene las siguientes partes:

##### 2.2.10.1. Cuerpo de la presa.

Denominada represa, cortina, es la estructura principal construida en el cauce de un curso de agua.

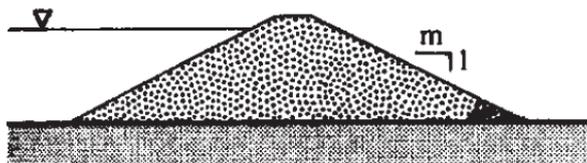


Figura 5. Presa de tierra de sección homogénea.  
Fuente: Novak, Narayanan, Moffat, & Nalluri, 2007.

### 2.2.10.2. Estructura de descarga.

Constituido principalmente por los elementos que permiten descargas controladas del volumen de agua almacenada. Entre esto tenemos el vertedor de demasías, desagües de fondo.

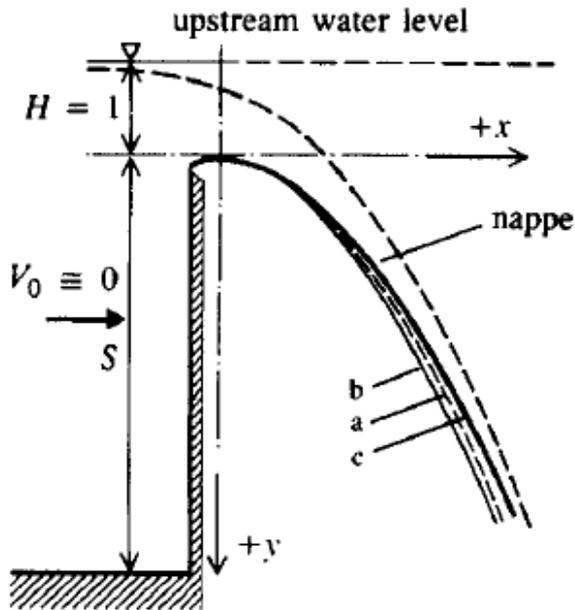


Figura 6. Vertedor de excedencias.  
Fuente: Novak, Narayanan, Moffat, & Nalluri, 2007.

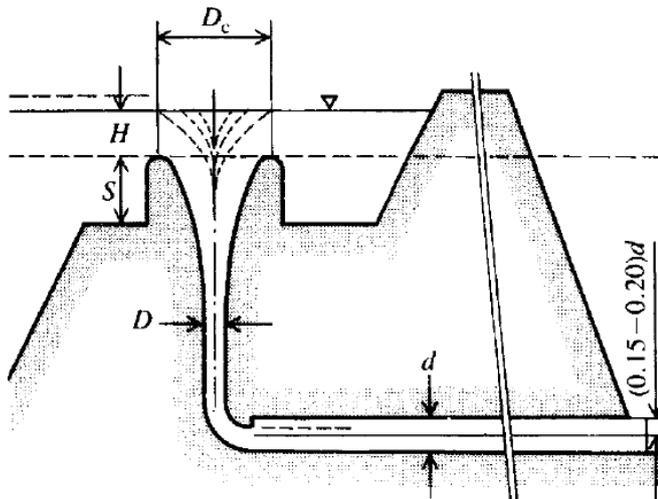


Figura 7. Desague de fondo.  
Fuente: Novak, Narayanan, Moffat, & Nalluri, 2007.

### 2.2.10.3. Drenes.

Constituido por elementos que permiten el drenaje de agua infiltrada a través del cuerpo de la presa, está constituida por drenes verticales, horizontales y en los casos de presas de tierra existen los prismas de drenaje.

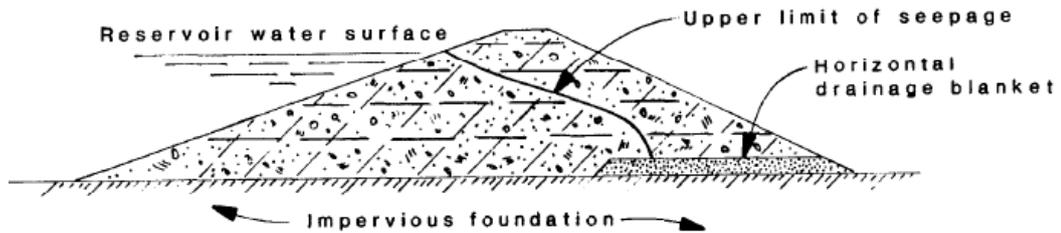


Figura 8. Dren horizontal.  
Fuente: United States Bureau of Reclamation, 1987.

### 2.2.10.4. Elementos de monitoreo e inspección.

Conformado clásicamente por piezómetros diferenciales, sensores de presión, y sensores de humedad, inclino metros y extensómetros permite constatar la no variación de la curva de saturación. Es recomendable el uso de galerías de inspección en presas de concreto.

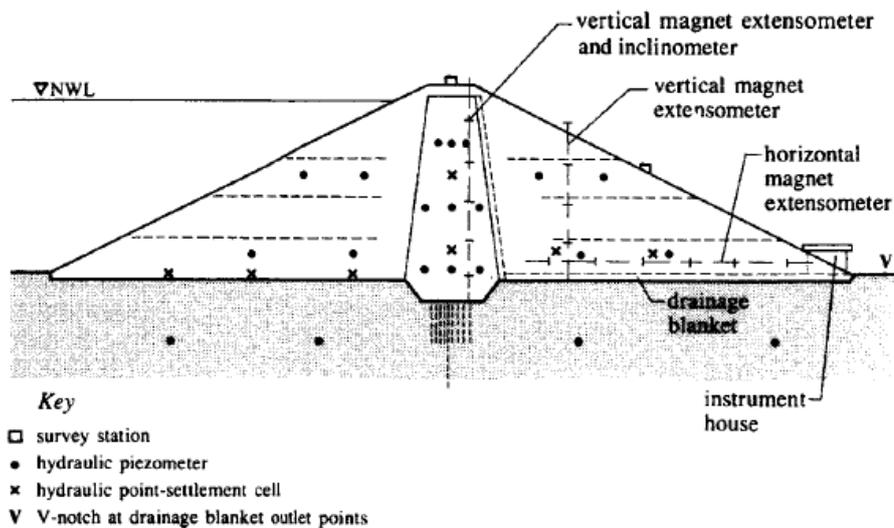


Figura 9. Elementos de monitoreo de presa.  
Fuente: Novak, Narayanan, Moffat, & Nalluri, 2007.

### **2.2.11. Elementos constituyentes secundarios.**

Los elementos constituyentes secundarios están formados por:

#### **2.2.11.1. Compuertas de descargas.**

Se pueden colocar sobre el aliviadero, la inclusión de estas debe corresponder al diseño.

#### **2.2.11.2. Diques fusibles.**

Corresponden a pequeñas presas, cuya finalidad es acelerar la descarga de excedentes, como indica su nombre estas son activadas cuando exista peligro de que el agua supere la corona y se vierta sobre la cresta de la presa especialmente sobre las de relleno de tierra.

#### **2.2.11.3. Vías de accesos.**

Es un complemento indispensable del proceso de construcción y posterior mantenimiento de la estructura hidráulica.

### **2.2.12. Presas de tierra.**

Las presas de tierra son la estructura de retención de agua más utilizadas. Pueden ser definidas como aquellas estructuras construidas con materiales existentes aledaños a la presa. Material obtenido del proceso de excavación de la cimentación y de estructuras anexas.

La figura 10 Tancer (2014) se ubican las partes de una presa de tierra, donde se denota los elementos que lo constituyen:

- La cresta (1) superficie horizontal más elevada de la presa
- El eje horizontal (2), es el eje de simetría de la cresta.
- (3) Eje vertical perpendicular al eje de simetría horizontal, cuyo plano vertical pasa por toda la sección de la presa.

- Talud aguas arriba (4) que está en contacto con el agua.
- Talud aguas abajo (5) que no está en contacto con el agua.

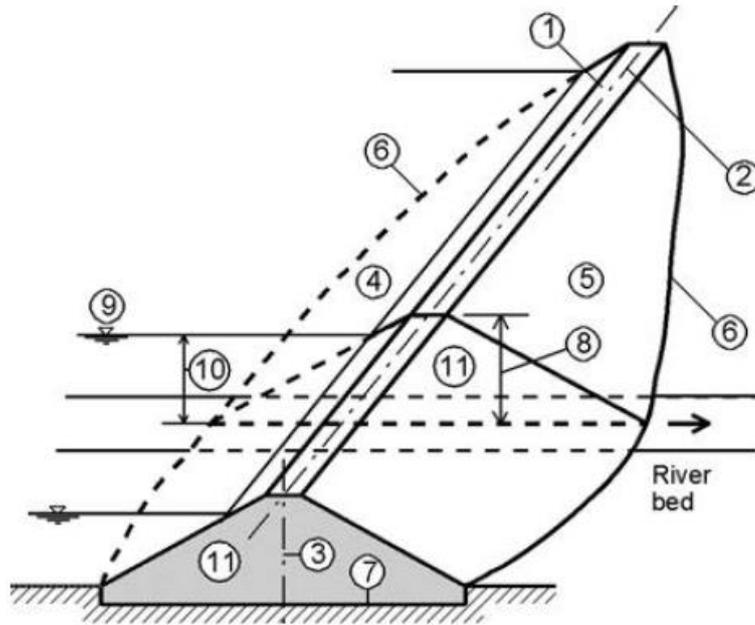


Figura 10. Elementos de la presa de tierra.  
Fuente: Tancer, 2014.

- El encuentro entre los taludes de la presa y el terreno natural es la línea de contorno (6).
- La cimentación de la presa (7).
- El cuerpo de la presa es el volumen formado por los taludes, la cimentación y la superficie de la cresta cuya altura es (8) considerada desde el nivel más bajo excavado para la cimentación y la cresta de la presa.
- La superficie del embalse o espejo de embalse (9).
- La diferencia de altura entre el nivel del río antes de la construcción de la presa y el máximo nivel del agua almacenada es altura de la carga de agua (10).

La sección transversal, es cualquier sección perpendicular al eje longitudinal de la presa.

El comité internacional de grandes presas (The International Commission on Large Dams ICOLD), clasifica a las presas en función a su tamaño en grandes y pequeñas, considerando grandes a aquellas que tiene más de 15 m de altura. En esta clasificación también están comprendidas aquellas presas que se encuentren entre los 10 a 15 m y que además cumplan las siguientes condiciones (a) la longitud de la cresta no debe ser menor a 500 m; (b) el volumen del vaso de la presa no debe ser menor a 1 millón de m<sup>3</sup>; (c) El caudal evacuado por las estructuras no debe ser menor a 2000 m<sup>3</sup>/s; (d) Las condiciones para la cimentación hayan sido particularmente dificultosa; (e) Se haya requerido un proceso constructivo especializado.

Aunque no es una clasificación oficial. La experiencia práctica clasifica a las presas en:

- *Presas pequeñas.* Son aquellas cuya altura es menor a los 30 m.
- *Presas medianas.* Son aquellas cuya altura esta en  $H= 30 - 80$  m.
- *Presas grandes.* Son aquellas cuya altura esta en  $H= 80 - 150$  m.
- *Presas muy grandes.* Son aquellas que tienen alturas  $H>150$  m.

### **2.2.13. Criterios básicos de pre dimensionamiento.**

Los criterios de dimensionamiento para una presa son referencias acuñadas de experiencias de construcción y performance de la estructura, teniéndose que algunos de estos son:

### 2.2.13.1. Ancho de la cresta.

Tancer (2014) El ancho de la cresta puede ser hallado por formulas empíricas en función de la altura de la presa, como por ejemplo en Japón el ancho de la cresta se obtiene:

$$b = 3,6\sqrt[3]{H} - 3 \quad (1)$$

Dónde:

b : Ancho de la cresta

H : Altura de la presa

La United States Bureau of Reclamation (2012) recomienda la fórmula:

$$b = 0,2H + 3 \quad (2)$$

La siguiente expresión también puede ser usada:

$$b = 1 + A\sqrt{H} \quad (3)$$

Dónde:

A : constante varia de 1,1 a 1,65

Para presas pequeñas el ancho mínimo es de 3 m. mientras que para presas grandes es de 6 m. en el caso de que se presente circulación de vehículos sobre la cresta, entonces el ancho estará supeditado al ancho reglamentario para la circulación de vehículos.

Sheng-Hong (2015) indica que ancho de la cresta está determinado por:

$$B = \sqrt{H} \quad (4)$$

Dónde :

B : ancho de la cresta

H : altura de la presa

La United States Bureau of Reclamation (2012) indica que, para presas mayores a 30 m, el ancho de la cresta se obtiene de la siguiente formula:

$$B = 1,65 \sqrt[3]{H + 1,5} \quad (5)$$

Dónde:

B : Ancho de la presa (m)

H : Altura de la presa (m)

### **2.2.13.2. Borde libre.**

El borde libre de la presa inicialmente debe ser lo suficiente para que no permita el desborde del agua por efectos de viento, que levanta olas, o por efecto de sismo.

Tancer (2014) Calcula el borde libre con la fórmula:

$$h = h_d + h_s + \frac{2}{3} h_w + h_t + h_r \quad (6)$$

Dónde:

$h_d$  : Altura que se incrementa el nivel del agua debido al empuje del agua por efecto del viento.

$h_s$  : Altura del agua debido a las oscilaciones en la superficie

$h_w$  : Altura de la ola

$h_r$  : Altura de reserva

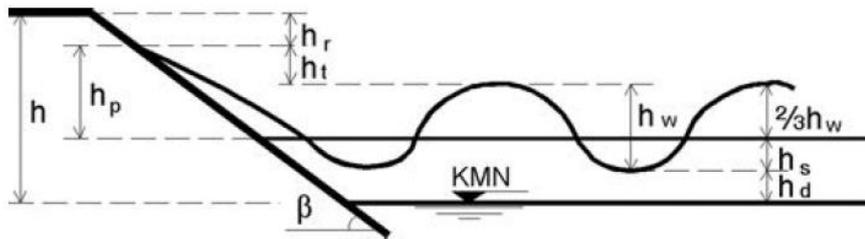


Figura 11. Diagrama para calcular el borde libre.  
Fuente: Tancer, 2014.

$$h_d = \frac{V^2 L \cos\theta}{63000 D} \quad (7)$$

Donde :

V : Velocidad del viento en km/h

L : Longitud efectiva del frente del viento en km.

$\Theta$  : Angulo entre la dirección del viento y la superficie del agua.

D : Profundidad media del embalse a lo largo de la longitud L en m.

La United States Bureau of Reclamation (2012) propone los siguientes valores:

**Tabla 2**  
*Borde libre recomendado para presas de tierra*

Longitud de Fetch (millas)	Borde libre estandar (pies)	Borde libre mínimo (pies)
<1	4	3
1	5	4
2.5	6	5
5	8	6
10	10	7

Fuente: United States Bureau of Reclamation, 2012.

### 2.2.13.3. Talud de la presa.

La inclinación del talud de la presa es muy variada, y dependen de varios factores tales como, el suelo, tipo de presa, altura de la presa, construcción, mantenimiento y directamente a la estabilidad del talud. Sheng-Hong (2015) Da los siguientes valores:

**Tabla 3**  
*Talud tentativo de presa de tierra*

<b>Tipo de Presa</b>	<b>Aguas Arriba</b>	<b>Aguas Abajo</b>
Arcilla homogénea o capa de arcilla	1(V):2(H),2.5,3.25	1:2.0,2.75,3.25

Fuente: Sheng-Hong, 2015.

Según Sheng-Hong (2015) en una Presa de núcleo central de tierra. Si el talud aguas arriba es compactado con gravas el talud esta entre 1:1,5–1:2,5. Será de 1:2,0–1:3,0 cuando el talud aguas abajo este relleno con tierra.

Según Gómez (1972) el talud de las presas es:

**Tabla 4**  
*Talud de la presa de tierra*

<b>Altura de Presa</b>	<b>Talud Aguas Arriba</b>	<b>Talud Aguas Abajo</b>
De 4,5 a 12 m.	2:1	1,5:1
De 12 a 30 m.	2,5:1	2:1
De 30 a 45 m.	3:1	2,5:1

Fuente: Gomez, 1972.

## 2.3. Marco Conceptual

### 2.3.1. Del proyecto de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A..

La Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (en adelante CMB), requiere desarrollar una solución para el déficit hídrico de abastecimiento para sus

actividades de construcción y de operaciones mineras, esta solución debe corresponder a una estructura de almacenamiento que permita suministrar en forma permanente la cantidad de recurso hídrico requerido. Esta solución permitirá el funcionamiento del proyecto San Gabriel.

#### ***2.3.1.1. Déficit hídrico.***

El termino déficit es relacionado económicamente a la diferencia negativa de los ingresos con los egresos.

Déficit hídrico es cuando en la zona la cantidad de agua disponible no es suficiente para satisfacer la cantidad de agua demandada.

En la presente investigación el déficit hídrico corresponde a la oferta de agua existente en la zona de estudio y la demanda de agua requerida por la actividad minera. Aclarándose que el déficit hídrico es diferente a la escasez hídrica, el primero corresponde a una falta de agua producto de la demanda de consumo, en el segundo se refiere a la falta de agua producto de fenómenos naturales tales como sequias.

#### ***2.3.1.2. Almacenamiento del recurso hídrico.***

El almacenamiento corresponde a la acumulación de recurso hídrico en grandes y pequeños volúmenes, puede ser superficial o subterráneo y natural o artificial.

El almacenamiento superficial natural del recurso hídrico se presenta en forma de lagos, ciénagas etc., donde las depresiones naturales del terreno forman depósitos de agua.

El almacenamiento subterráneo, corresponde a los acuíferos, los cuales se forman por infiltración del agua superficial acumulándose en espacios vacíos de la corteza terrestre.

El almacenamiento producto de la intervención de la mano del hombre se produce por la construcción de estructuras de ingeniería que interceptan el cauce natural superficial de los cursos de agua, producto de estas actividades se acumulan o embalsan el recurso hídrico para posterior utilización.

En la presente investigación se analiza académicamente y exclusivamente dicha problemática.

### **2.3.2. Distrito de Ichuña.**

Según Vargas (1985) el 2 de enero de 1857 durante el gobierno de Castilla se crea el departamento de Moquegua, razón que justificó la realización de elección de autoridades municipales para el cual se realizó el Registro Cívico.

Quiroga (2009) Detalla la primera referencia a Ichuña y la realiza Juan Maldonado Buendía en una epístola al Rey Felipe II informa en 1775 luego de recorrer la provincia de Collesuyo, se conformó 22 pueblos a partir de 226 que existieron, estableció trece doctrinas, que pueden ser administradas por un cura.

Casillas, Tito & Mamani (2013) Establece que en 1630 la doctrina de Moquegua es subdividida en Doctrinas menores como: Puquina, Torata, Omate, Pocsi, Ubinas, Carumas, Ichuña, Omate.

El Obispo de Arequipa Pedro Josef Chavez de la Rosa, separa el curato de Carumas del curato de Ichuña, y estableció como patrón del curato de Ichuña a San Ignacio de Loyola, teniendo los anexos los pueblos de Exchange y Yunga. (Casillas, Tito & Mamani, 2013).

En la naciente república del Perú, Ichuña oficialmente es reconocida como distrito por ley de fecha 29 de diciembre de 1947 ratificada en junio de 1954. El subprefecto de la provincia de mariscal Nieto Emilio de la Flor hace de

conocimiento al Ministerio de Gobierno y Obras públicas que Lloque, Coroise, Chojata, YungaExchange y Coroise corresponde a la unidad geográfica de Ichuña.

De la información recopilada se tiene que Ichuña es conocida como a lo largo de la historia , durante la época incaica era una zona conocida por el mineral que se explotaba, se continuo durante la colonia como asiento minero materializando el 19 de abril de 1562 como asiento minero. Y durante la republica es reconocida al momento de la creación de la provincia de Moquegua.

En el año 2011 de la búsqueda de informacion se aprueba mediante sesión de consejo, que el 19 de abril de 1562, como fecha de reconocimiento de Ichuña como asiento minero, se materializa dicho reconocimiento mediante Ordenanza Municipal N° 009-2011-MDI-A .

Estas acciones de reivindicación de identidad cultural de la poblacion de Ichuña es impulsada por la municipalidad distrital de Ichuña, producto de esta acciones se obtiene el documento : Una aproximación histórica y cultural del distrito de Ichuña en el año 2013.

Ichuña se encuentra políticamente circunscrita dentro de la Region Moquegua, en la provincia de General Sanchez Cerro con su capital Omate. Su población conformada por 25 comunidades está dispersa y asentada en ambos márgenes del rio Ichuña que pertenece a la cuenca del alto Tambo.

#### ***2.3.2.1. Ubicación geográfica.***

Ichuña se encuentra ubicada entre los 15°28'20" a 16°08'25" en la latitud sur y entre los 70° 15' 10" a 70° 17' 50" Longitud Norte N, a una altitud promedio de 3750 m.s.n.m, abarca una área de 1017,74 Km<sup>2</sup> (ver Figura 12).

#### **2.3.2.2. Límites.**

El distrito de Ichuña según su ubicación geográfica y demarcación política el está delimitado por el Norte con el distrito de Ubinas, por el sur comparte delimitación con el distrito de Chojata y con la region Puno. Por el este esta delimitdo por la region Puno. Por el Oeste está delimitado por los distritos de Yunga, Lloque y Chojata.

#### **2.3.2.3. Altitud.**

Si bien existe diferentes altitudes a lo largo del area que ocupa el distrito de Ichuña, la capital del distrito tiene una altitud de 3774 m.s.n.m.

#### **2.3.2.4. Clima.**

Según la clasificación de pisos ecológicos del Perú la zona donde se ubica la zona del proyecto corresponde al piso altitudinal Puna, siendo características de esta región clima frígido con temperatura promedio de 9,8°C, diversidad de precipitaciones marcadas diferencialmente entre una época de sequia o estiaje y una estación de lluvias con precipitaciones que alcanzan los 544,3 mm/año. Es normal la presencia de vientos con velocidades promedio de 4,70 m/s en dirección Oeste y Sur el cual en la escala de Beaufort son clasificados como brisas suaves.

#### **2.3.2.5. Vía de acceso.**

El acceso al distrito de Ichuña, es por vía terrestre a través de la carretera asfaltada Moquegua – Puno, la cual se detalle en la Tabla 5.



Figura 12. Mapa de ubicación del Distrito de Ichuña.

**Tabla 5**

*Vía de acceso de capital de departamento hacia capital de distrito*

Tramo	Tipo carretera	Distancia (km)	Tiempo de Recorrido	Frecuencia
Moquegua -Titire	Asfaltado	161	3 hrs 15 min.	Intermitente
Titire - Ichuña	Afirmado	130	2 hrs 45 min.	Intermitente
Ichuña – Oyo Oyo	Trocha	6	0 hrs 15 min.	Intermitente
<b>Total</b>		297	6 hrs 15 min	.....

### 2.3.3. Zona de estudio.

El área de intervención en el distrito de Ichuña corresponde al sector de Oyo Oyo ubicado a 6 km al Oeste de la ciudad de Ichuña.

El área está comprendida en el alineamiento del cauce de la quebrada Agani, presenta una superficie de erosión horizontal a ligeramente ondulada, con geoformas de valles en forma de “U” producto de la regresión terminal de las morrenas.

El acceso a la zona de intervención es por vía terrestre a través de la trocha de acceso que inicia en la capital del distrito como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**  
*Vía de acceso de capital de distrito hacia la zona de estudio*

<b>Tramo</b>	<b>Tipo carretera</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo de Recorrido</b>	<b>Frecuencia</b>
Ichuña-Oyo Oyo	Trocha	6	15 min.	Intermitente
<b>Total</b>		6	15 min	.....

### 2.3.4. Estructura de Almacenamiento.

Las condiciones antes rigurosas de clima, topografía y geología se han flexibilizado, mientras que para la presa de concreto se requiere de roca para su cimentación, las presas de tierra pueden ser construidas sobre suelos aluviales previo tratamiento de la cimentación. La materia prima está cerca de la zona de construcción de la presa, contribuido con el avance en métodos de diseño, técnicas constructivas y mecánica de suelos, aplicables a gran variedad de materiales para la construcción ponen al alcance la materialización de proyectos de este tipo.

Los materiales, considerados antes como no adecuados, por su permeabilidad como los suelos gravosos, arena fina, residuos de excavaciones son empleados ahora en presas, Teniendo en cuenta estas ventajas permiten ahora

realizar excavaciones a gran escala que permite derivar flujos considerables de agua.

La construcción de presas de tierra tiene grandes ventajas económicas por la mínima cantidad de cemento, acero, piedra, madera y transporte requerido, siendo el resultado ahorros de tiempo y costo. En un proyecto, una presa de tierra es de 4 a 6 veces más grande que una presa de concreto, el costo representa el 1/15 a 1/20 y en algunos países de 1/30 a 1/70 de una presa de concreto.

El desarrollo de: la mecánica de suelos y rocas, métodos computacionales, equipos de monitoreo y prueba, teorías de diseño. Conjuntamente con los avances en los equipos de construcción tales como ultra pesados rodillos vibratorios, planchas hidráulicas de compactación, control constructivo con láser, control de humedad sin detener los procesos constructivos, que son ampliamente utilizados en los procesos constructivos están logrando proyectos ejecutados rápidamente y de buena calidad.

### **2.3.5. Requerimientos de diseño.**

Según investigaciones realizadas por la ICOLD, del 70 % de las fallas de las - presas de tierra, el 70% corresponde a presas menores a 30 m., siendo las fallas causadas por:

#### **2.3.5.1. Desbordamiento.**

Las fallas más catastróficas se presentan cuando el agua rebasa la cresta, el agua vierte sobre el talud aguas abajo de la presa, esto se debe al insuficiente borde libre, insuficiente capacidad del vertedor, esto debido a una insuficiente estimación de las cantidades de flujo producto de las avenidas.

### ***2.3.5.2. Construcción de mala calidad.***

Uno de los factores es un pobre control de calidad en el proceso constructivo, dando como resultado la erosión hidráulica y/o falla de talud de la presa o la cimentación, fugas en la zona del vertedor y/o en la tubería incrustada en la presa.

### ***2.3.5.3. Inadecuada administración.***

La falta de mantenimientos y cuidados en la infraestructura puede llevar a la falla de la presa.

Teniendo en cuenta lo antes descrito, al diseñar una presa debemos considerar:

- Desde que la cuarta parte de las fallas de la presa son resultado del deslizamiento del talud según datos estadísticos, la estabilidad del talud es un requisito primordial para la seguridad de la presa. Los taludes, la cimentación y los apoyos deben ser estables durante la construcción y operación del reservorio, incluso durante rápidas reducciones de volumen de ser el caso. Así mismo no es aceptable deformaciones provocadas por sismos.
- La filtración por la cimentación o el cuerpo de la presa contempla un tercio de las fallas de las presas, por tanto, estas deben ser colectadas y controladas a fin de prevenir una excesiva Tubificación, flotación, desprendimiento de material fino y erosión del material en las juntas y sumideros. Controlando la velocidad de descarga del agua producto de la filtración.
- La presa debe ser resguarda frente a excesivos volúmenes de agua, el borde libre debe ser suficiente para prevenir desbordamiento,

esto incluye efectos de posibles asentamientos de la presa, deformaciones por sismo y adicionalmente debe ser suficiente para retener la probable máxima avenida. Así mismo los vertedores deben ser diseñados con la suficiente capacidad de descarga para que el desbordamiento en la cresta no ocurra.

### **2.3.6. Diseño de la presa.**

El diseño de una presa debe tener en cuenta tanto los factores topográficos y condiciones geológicas simultáneamente para la presa y sus estructuras secundarias, especialmente para el vertedor. El eje de la cresta y la altura deben ser de preferencia rectos.

Asegurar las estructuras de descarga tales como rápidas, túneles, es una exigencia para una suficiente capacidad de descarga. Los diseños deben prever cualquier daño en la presa, o en las zonas de descarga en el río a fin de no presentar erosiones excesivas.

#### ***2.3.6.1. Cargas.***

Las cargas para presas de tierra son las mismas que se consideran para presas de concreto. Sin embargo, el concepto de presión de poros es un punto de especial atención.

#### ***2.3.6.2. Combinación de cargas.***

La combinación de cargas representa las condiciones específicas en las cuales se debe desarrollar el análisis.

#### 2.3.6.2.1. *Básicos (normalmente).*

- Almacenamiento normal + nivel de avenida máxima + filtración normal.
- Variación de niveles de agua entre los mencionados anteriormente + correspondiente nivel de filtración.
- Variación de niveles por procesos de bombeo + correspondiente variación en el nivel de filtración.

#### 2.3.6.2.2. *Especial I (inusual).*

- Proceso constructivo.
- Máxima elevación del nivel de agua + correspondiente filtración.
- Reducción rápida de agua para el máximo nivel o nivel normal o vaciado de la presa + correspondiente filtración.

#### 2.3.6.2.3. *Especial II (extremo).*

- Combinación básica de cargas + máximo sismo probable.

#### 2.3.6.3. **Análisis de filtración.**

El análisis de la filtración es llevado a cabo por las siguientes razones:

- Localizar la línea de filtración (Nivel freático o superficie freática en el caso tridimensional) y el punto de salida aguas abajo del talud, basado en el tipo la estabilidad el talud aguas arriba y talud aguas abajo puede ser verificado.
- Determinar la línea de gradiente hidráulica de filtración.
- Determinar las velocidades y caudales de filtración.
- Determinar la línea de saturación y presión de poros aguas abajo del embalse.

#### ***2.3.6.4. Análisis de estabilidad.***

El análisis de estabilidad es de obligatoria realización para diseñar el perfil y verificar la seguridad. En este análisis generalmente se presentan 4 condiciones típicas como:

1. Análisis de estabilidad de talud aguas arriba y aguas abajo inmediatamente culminado el proceso constructivo.
2. Análisis de estabilidad de talud aguas arriba en el primer llenado del embalse, cuando el agua alcance el nivel normal de funcionamiento.
3. Análisis de estabilidad de talud durante un rápido descenso de agua.
4. Análisis de estabilidad de talud aguas arriba cuando se presenta sismo con el embalse totalmente lleno y el embalse a la mitad.

En general 2 tipos de análisis de estabilidad de taludes son requeridos para las situaciones consideradas. Para el análisis de esfuerzos totales se utiliza las consideraciones 1 y 2 en cambio para el análisis de esfuerzos efectivos se utiliza las consideraciones 3 y 4.

#### ***2.3.6.5. Análisis de asentamiento y consolidación.***

Es de conocimiento que el suelo bajo carga no cambia su estado instantáneamente, se asienta gradualmente con una velocidad variada. En el caso de arcillas saturadas esto es particularmente la existencia de una elevada presión de poros en el proceso de consolidación. La presión de poros se presenta en la presa y su cimentación durante el proceso constructivo por la cantidad de agua en el suelo, el peso del material de relleno, la longitud del dren, velocidad de construcción, inciden en el asentamiento y la consolidación.

## **CAPITULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación según Bunge (1982) corresponde a una investigación básica, ya que se persigue el desarrollo de la ciencia y el aumento de la teoría, en base a descubrir o reforzar definiciones, principios y leyes científicas.

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

La presente investigación adopta el diseño no experimental. Es no experimental, ya que la variable independiente no va a ser objeto de manipulación; en otras palabras, no tenemos a nuestra disposición un grupo experimental. Resulta transversal, en razón a que, en una sola oportunidad, la variable de interés es medida. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014)

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población.**

Para la determinación de la población es necesario determinar la unidad de muestreo / análisis.

Hernández, Fernández & Baptista (2014) define la población como “Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174). Es decir, conjunto de todos los casos que tienen las mismas características de estudio.

En la presente investigación la población coincide con todos los elementos de la muestra.

#### **3.3.2. Muestra.**

Para la presente investigación se tiene en cuenta lo expresado por Hernández, Fernández & Baptista (2014) :

La unidad o caso investigado puede tratarse de un individuo, una pareja, una familia, un objeto (una pirámide como la de Keops, un material radiactivo), un sistema (fiscal, educativo, terapéutico, de capacitación, de trabajo social), una organización (hospital, fábrica, escuela), un hecho histórico, un desastre natural, un proceso de manufactura, una comunidad, un municipio, un departamento o estado, una nación, etc. (p.164)

La confianza o porcentaje de confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Esto quiere decir que un porcentaje del 100% equivale a decir que los resultados son concluyentes, pero también implica estudiar a la totalidad de los casos de la población.

### **3.3.2.1. Tamaño de la muestra.**

La muestra comprenderá toda la población, razón por la cual, no se emplea ninguna fórmula de selección de muestra; por esta misma razón no hay muestreo.

## **3.4. Descripción de Instrumentos para Recolección de Datos**

Para la recolección de la información se gestionó con la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. para la proporción de los estudios Hidrológico, Topográfico y Geológico – Geotécnico para su etapa de pre factibilidad y factibilidad correspondientes a la zona de estudio.

### **3.4.1. Estudio hidrológico.**

Para la zona de estudio en el sector de Oyo Oyo, se dispone de información Meteorológica de las estaciones aledañas al proyecto como: Ichuña, Pachas, Ubinas, Mañazo, Lagunillas, Laraqueri, Santa Lucía, Pañe, Crucero Alto, Las Salinas, El fraile. Las cuales son administradas por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). A su vez se usó la data de 03 estaciones meteorológicas locales y 04 estaciones pluviométricas locales que CMB tiene en el proyecto, la información recolectada servirá para identificar el patrón de lluvias, así como analizar eventos extremos relacionados a distintos periodos de retorno.

### **3.4.2. Estudio topográfico.**

La topografía en la zona de estudio en el sector de Oyo Oyo, corresponde a las curvas de nivel cada 50 cm obtenidas mediante vuelo lidar con una densidad mínima de un punto por metro cuadrado.

### **3.4.3. Estudio geológico y geotécnico.**

La Geología y Geotecnia de la zona de estudio en el sector de Oyo Oyo, incluye mapeos geológicos–geotécnicos, ejecución de calicatas, perforaciones diamantinas, ensayos de campo, ensayos de penetración, ensayos de permeabilidad, toma de muestras para ensayos en laboratorio de los materiales que conformaran la cimentación de la presa, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

En los apéndices se muestran los formatos de recolección con los cuales se obtuvo información de los ensayos de campo

Con la información obtenida se procederá a contrastar y consolidar la información de campo con la existente.

### **3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Para el uso y analisis de la información de los estudios Hidrológico, Topográfico y Geológico – Geotécnico del presente estudio, se usaron los siguientes softwares:

- AutoCAD 2018
- MS Excel
- Hydraccess v.4,6
- Refran-CV.
- Autodesk Recap 2020
- Autocad Civil 3D 2018
- Arcgis 10,3
- HEC-HMS v.4,2,1
- Slide versión 6,0

## CAPITULO IV

### ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de Resultados

##### 4.1.1. Déficit de almacenamiento del recurso hídrico.

**Tabla 7**

*Volumen estimado por precipitación anual en el proyecto San Gabriel.*

Área de Aporte	Área (Km <sup>2</sup> )	Pmin. (mm)	Pprom. (mm)	Pmax. (mm)	Vol. Mín. (m <sup>3</sup> )	Vol. Prom. (m <sup>3</sup> )	Vol. Máx. (m <sup>3</sup> )
Sub Cuenca Quilcata	2,06	265,0	608,0	977,9	545929	1252480	2014569
Sub Cuenca Ceniguillayoc	3,87	265,0	608,0	977,9	1025605	2352960	3784651
Sub Cuenca Agani	9,26	265,0	608,0	977,9	2454031	5630080	9055779
<b>Total (m3)</b>					<b>4025565</b>	<b>9235520</b>	<b>14854998</b>

*Nota:* Pmin.: Precipitación mínima / Pprom.: Precipitación promedio  
Pmax.: Precipitación máxima / Vol. Mín.: Volumen mínimo  
Vol. Prom.: Volumen promedio / Vol. Máx.: Volumen máximo

##### 4.1.1.1. Interpretación.

En la tabla 7, se presenta los resultados obtenidos en volumen estimado por precipitación anual de agua fresca en época de lluvia en el proyecto San Gabriel, con un volumen mínimo de 4025565 m<sup>3</sup>, volumen promedio de 9235520 m<sup>3</sup> y volumen máximo de 14854998 m<sup>3</sup>. Se debe tener en cuenta que la capacidad de la represa es de 700000 m<sup>3</sup>.

#### 4.1.2. Disponibilidad del recurso hídrico.

**Tabla 8**

*Precipitación promedio mensual en el proyecto San Gabriel.*

Mes	Promedio	Máximo	Mínimo	Desv. Est.	%Anual
ENE	153,9	291,2	33,2	64,7	25,32%
FEB	140,8	323,0	14,0	72,6	23,17%
MAR	102,1	204,8	2,8	44,7	16,79%
ABR	35,7	119,0	0,0	25,8	5,88%
MAY	6,5	45,9	0,0	9,8	1,07%
JUN	2,5	36,4	0,0	6,1	0,41%
JUL	3,2	28,3	0,0	6,7	0,53%
AGO	6,5	94,0	0,0	14,1	1,06%
SEP	10,9	60,1	0,0	15,1	1,80%
OCT	19,2	83,6	0,0	20,9	3,16%
NOV	36,3	158,1	0,0	37,5	5,97%
DIC	90,3	239,8	4,7	48,9	14,85%

##### 4.1.2.1. Interpretación.

En la Tabla 8, se presenta los resultados obtenidos en volumen estimado; con mayor precipitación entre los meses de diciembre 14,85%, enero 25,32%, febrero 23,17% y marzo 16,79%, con un total de 80,13%. Registrando una menor precipitación entre los meses de abril a noviembre con un total de 19,88%. En los meses de mayor precipitación se busca embalsar el agua fresca de la lluvia, la misma que es utilizada en los meses de menor precipitación para mantener operaciones propias de la mina. De los resultados obtenidos se infiere, que la disponibilidad del recurso hídrico varía según la época del año para su almacenamiento en el sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua.

### **4.1.3. El diseño de la presa de almacenamiento soluciona el déficit del recurso hídrico.**

#### ***4.1.3.1 Cuerpo de la presa.***

En función a los materiales existentes en el proyecto el cuerpo de la presa será relleno de enrocado con núcleo impermeable de material arcilloso compactado de baja permeabilidad.

El espaldón de la presa tendrá como finalidad proporcionar suficiente resistencia cortante y garantizar la estabilidad; el material para el espaldón será conformado con enrocado, colocado tanto aguas arriba como aguas abajo del núcleo de arcilla y en contacto con el material de filtro.

Con la finalidad de garantizar la impermeabilidad de la presa, y la estabilidad de la misma, se ha previsto la construcción de un dentellón que servirá para evitar la generación de líneas de corriente de agua por debajo de la base de la presa. El dentellón será construido sobre la proyección del eje central de la presa desde el fondo de la quebrada en dirección hacia los estribos. En general el dentellón deberá ser lo suficientemente profundo hasta llegar a la roca, según la geotecnia se ha estimado la profundidad aproximada de 10 m en promedio a partir de la superficie de cimentación (ver apéndice B).

Finalmente sobre la cresta que conforman los tres materiales mencionados líneas arriba, se colocara material de relleno estructural de 1 m de espesor hasta la cota de la corona.

#### ***4.1.3.2 Estructura de descarga.***

Las estructuras de descarga no son parte de la presente investigación.

#### **4.1.3.3 Drenes.**

Con la finalidad de evitar la posible migración de finos del núcleo arcilloso se colocará material de filtro de grava de 2,5 m de espesor, medidos en forma perpendicular; este material también servirá como transición entre el enrocado de protección y el núcleo de arcilla, y será colocado en ambas caras de éste.

En la base de la presa de agua, sobre la quebrada y aguas abajo del núcleo de arcilla, se colocará un filtro de grava que servirá como subdren para controlar los niveles freáticos en el cuerpo de la presa. El agua captada será dirigida aguas abajo del cuerpo de la presa de agua y descargados en la quebrada Agani.

#### **4.1.3.4 Predimensionamiento de la presa.**

Siguiendo los lineamientos del marco teórico se tienen los siguientes valores para el predimensionamiento:

##### **4.1.3.4.1 Ancho de la cresta.**

Para una altura de la presa de 46,1 m se tiene un ancho promedio de cresta de 10 m (ver apéndice C).

##### **4.1.3.4.2 Borde libre.**

El borde libre calculado es de 2 m (ver apéndice C)

##### **4.1.3.4.3 Talud de la presa.**

Teniendo como referencia el marco teórico se propone los siguientes valores para los taludes:

- Espaldones de la presa: Talud aguas abajo 2,25H:1V y talud aguas arriba 2H:1V.
- Núcleo impermeable: Talud aguas abajo 0,5H:1V y talud aguas arriba 0,5H:1V, con una base superior de 4 m.

- Dentellón: Talud aguas abajo 1,5H:1V y talud aguas arriba 1,5H:1V, con una base inferior de 10 m y un desplante aproximado de 10 m en el eje de la presa.

Todas estas asunciones deberán corroborarse en el análisis físico de estabilidad de taludes (ver apéndice E).

#### ***4.1.3.5 Cargas y combinación de cargas.***

Todas las solicitaciones de cargas y su combinación serán parte del análisis físico de estabilidad de taludes.

#### ***4.1.3.6 Análisis de filtración.***

Mediante el análisis de infiltración (constante) se determinó la presión de poros aguas abajo y arriba de la presa y se determinó un caudal de salida promedio de 0,52 l/s (ver apéndice E)

#### ***4.1.3.7 Análisis físico de estabilidad de taludes.***

Los resultados del análisis de estabilidad indican que las secciones más críticas analizadas en la presa de agua presentan comportamiento estable al final de la construcción y durante la operación, con factores de seguridad por encima de los valores mínimos establecidos en los criterios de análisis (ver apéndice E).

## **4.2. Contrastación de Hipótesis**

La investigación estima que el recurso hídrico anual promedio es 9159570 m<sup>3</sup> volumen que se encuentra entre los 3991932 m<sup>3</sup> y los 14732781 m<sup>3</sup> planteados en el problema de investigación sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, 2019.

### **4.3. Discusión de Resultados**

El presente trabajo describe la variable déficit de almacenamiento del recurso hídrico para la actividad minera.

Respecto al déficit de almacenamiento del recurso hídrico para la actividad minera sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, en la Tabla 7 se observa los resultados obtenidos en volumen estimado por precipitación anual de agua fresca en época de lluvia en el proyecto San Gabriel, con un volumen mínimo de 4025565 m<sup>3</sup>, volumen promedio de 9235520 m<sup>3</sup> y volumen máximo de 14854998 m<sup>3</sup>. Se debe tener en cuenta que la capacidad de la represa es de 700000 m<sup>3</sup>. Al respecto Sturla (2013) señala: La presa como estructura hidráulica debe garantizar que el volumen de agua almacenada permanezca dentro del embalse, es decir garantizar la mínima pérdida de agua por efectos de filtración, en el ámbito internacional luego de la búsqueda realizada, la referencia más reciente ha sido desarrollado en la tesis de investigación Modelo para evaluar los beneficios asociados a un embalse de abastecimiento de agua para minería, considerando incertidumbre.

Respecto al diseño de la presa de almacenamiento soluciona el déficit del recurso hídrico para la actividad minera sector Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia General Sánchez Cerro, Moquegua, en los apéndices respectivos, al respecto Torres (2017) señala: La idealización del comportamiento hidráulico del embalse debe asemejar las condiciones de operación de la presa, para tal fin en la investigación Generación de un modelo matemático para el estudio de la operación de embalses con enfoque multipropósito en el cual, en sus conclusiones sostiene:

El modelo matemático generado reúne las principales ecuaciones de la mecánica de fluidos que describen el comportamiento de los fluidos y haciendo uso de este se pueden simular las operaciones de embalses frente a distintos escenarios de cara a la evaluación de factores de riesgo tales como: el borde libre de la presa, máxima velocidad de descenso del nivel de agua del embalse y la máxima velocidad abrasiva en compuerta de fondo. (p.160).

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Primera.** Existe déficit de almacenamiento del recurso hídrico para actividad minera teniendo en cuenta que la capacidad de la represa es de 700000 m<sup>3</sup>.
- Segunda.** La disponibilidad del recurso hídrico varía según la época del año para su almacenamiento en el sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua.
- Tercera.** El diseño de la presa de almacenamiento soluciona el déficit del recurso hídrico para uso en la actividad minera sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua.

## 5.2. Recomendaciones

**Primera.** Instalación de instrumentación geotécnica para monitorear de manera permanente el nivel piezométrico y los taludes de la presa sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua.

**Segunda.** Hacer un análisis de sedimentos para obtener información granulométrica de los suelos de las cuencas aportantes sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua.

**Tercera.** Hacer un plan de la correcta operación de la presa sector de Oyo Oyo, distrito de Ichuña, provincia general Sánchez Cerro, Moquegua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anddes. (2015). *Informe Geotecnico*. Anddes Asociados SAC, Av Javier Prado Este Cdra. 48.
- Argüelles, T. (2004). *Al sur del margen: avatares y límites de una región postergada : Moquegua (Perú)*. Madrid: Instituto de Estudio Peruanos.
- Bray, J. & Travasarou, T. (2009). Pseudostatic Coefficient for Use in Simplified Seismic Slope Stability Evaluation. *J. of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 135(9)*, 336-1340.
- Brunet-Moret, Y. (1979). Homogénéisation des précipitations. *Cahiers ORSTOM, Serie Hydrologie, vol. XVI, n° 3-4*, 147-170.
- Bunge. (1982). *La Ciencia y su Método*. Buenos Aires: Trillas.
- Casillas, L., Tito, I., & Mamani, S. (2013). *Una aproximación histórica y cultural del distrito de Ichuña*. MDI.
- Catunta, E. (2014). *Estudio comparativo del diseño de una presa de enrocado con pantalla de concreto versus la presa de tierra con núcleo arcilloso en la quebrada Juiñas, distrito de Lloque - Región Moquegua, año 2014* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Tacna, Perú.
- Desmet, P., & Grovers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 51, iss 5*, 427-433.

- Estévez, A., & Vázquez, D. (2017). *9 razones para (des)confiar de las luchas por los derechos humanos*. Mexico: Flacso.
- Gómez, J. (1972). *Saltos de Agua y Presas de Embalse*. Madrid: Tallere gráficos Herrera.
- González del Tánago, M. (1991). La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo. Pasado, presente y futuro. *Ecología*, Vol. 5, 13–50.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y Productividad*. D.F. Mexico: McGrawHill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGrawHill.
- Hiez, G. (1977). L'homogénéité des données pluviométriques. *Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie*, Vol. XIV, N°2., 129-163.
- Hosking, J., & Wallis, J. (1997). *Regional Frequency Analysis*.
- HR Ingenieros Asociados SAC . (2015). *Balance de Agua durante la Construcción y Operación del Proyecto San Gabriel*.
- Insideo. (2016). *Estudio de Impacto Ambiental Detallado - Categoría III*.
- Mauriño, M. (2004). Generalized Rainfall-Duration-Frequency Relationships: Applicability in Different Climatic Regions of Argentina. *Journal of Hydrologic Engineering*, N° 4, 269–274.
- Nedrigi, V. (1983). *Manual de Diseño de Estructuras Hidráulicas (en ruso)*. Moscú: Stroyizdat.

- Novak, P., Narayanan, R., Moffat, A., & Nalluri, C. (2007). *Hydraulic Structures*. Abigdon: Taylo & Francis.
- NRCS. (1986). *Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55*. Washington, DC: USDA Natural Resource Conservation Service Conservation Engineering Division Technical Release 55, 164.
- Padilla, C. (2008). Agua minería y comunidades locales. *Concertación*, 7-10.
- Quiroga, P. d. (2009). *El indio dividido. Fracturas de conciencia en el Perú colonial, Madrid*. España: Iberoamericana Vervuert.
- Ramírez, F. (2007). *Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del Departamento de Caldas, año 2007* (Tesis de pregrado). Universidad del Tolima, Caldas, Colombia.
- Sandoval, W. (2019). *Diseño de obras Hidrotécnicas*. Sangolquí, Ecuador: EDIESPE.
- Sheng-Hong, C. (2015). *Hydraulic Structures*. Wuhan: Springer.
- Sturla, G. (2013). *Modelo para evaluar los beneficios asociados a un embalse de abastecimiento de agua para minería, considerando incertidumbre hidrológica, año 2013* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Supo. (2014). *Metodología de la Investigación*. Lima: UNSA.
- Tancer, L. (2014). *Dams and Appurtenant Hydraulic Structures* (2da ed.). Chennai, India: CRC Press/Balkema.

- Torres, F. (2017). *Generación de un modelo matemático para el estudio de la operación de embalses con enfoque multipropósito, año 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- United States Bureau of Reclamation. (1987). *Design of Smalls Dams*. Whashington: Water Resources Technical.
- United States Bureau of Reclamation. (2012). *Embankment Dams*. U.S. Department of the Interior.
- USACE. (2017). *Hydrologic Modeling System, HEC-HMS Applications Guide, Version 4.2.1, CPD-74C*. Davis, CA: Hydrologic Engineering Center.
- USDA-SCS. (1979). *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture - Soil Conservation Service, Sec. 4. Hydrology. .
- Vargas, M. (1985). *Historia General de Moquegua tomo II*. Moquegua: Flores.
- Viessman, W., & Lewis, G. (2003). *Intoduction to Hidrology*. Baltiomre, Maryland: Pearson Education INC., 5ta ed., 612 pp.
- Williams, J. (1975). *Sediment-yield prediction with Universal Ecuation using runoff energy factor. En: Present and prospective technology for predicting sediment*. USDA-Agricultural Research Service: 244-252.
- Wischmeier, W. & Smith, D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses*. USDA Agricultural Research Services Handbook 537. USDA, Washington, p 57.
- WMO, & World Meteorological Organization. (1994). *Guide to Hydrological Practices*. World Meteorological Organization.