

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



**RECUPERACION DEL RECURSO HIDRICO
DE LOS RELAVES DE PLANTAS
METALÚRGICAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO METALURGISTA**

**ELABORADO POR:
WILDBER IDAN, CAPCHA MILLA**

**ASESOR:
ING. EDGAR FORTUNATO SEGURA TUMIALAN**

LIMA – PERÚ

2013

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mis padres; a quienes les debo todo lo que tengo en esta vida.

A Dios, ya que gracias a él tenemos esos padres maravillosos, los cuales nos apoyan en nuestras derrotas y celebra nuestros triunfos

A nuestros profesores quienes son nuestros guías en el aprendizaje, dándonos los últimos conocimientos para nuestro buen desenvolvimiento en la sociedad.

RESUMEN

El agua es un recurso imprescindible para el desarrollo de la vida, solo el 0,003 % del volumen total del planeta es agua dulce disponible para el hombre; la contaminación, el mal uso, los costos de captación, transporte y potabilización lo convierten en un recurso limitado que debe preservarse. En una ciudad promedio se gasta el 71 % del agua potable en las casas, el 12 % en las industrias, el 15 % en el comercio y el 2 % en servicios, mientras el consumo promedio de una persona es de 150 l/día.

El presente trabajo tiene por finalidad principal mejorar la recuperación del agua de proceso de las plantas en el distrito de Vista Alegre, que posee un clima cálido todo el año, la falta de lluvias y el uso de aguas subterráneas, hacen del agua un recurso muy valioso, el cual es necesario para la población, así como para los procesos metalúrgicos de las plantas de servicio que vienen funcionando en la zona, con el uso del Tanque Espesador Clarificador de Relaves (TECR).

Con este trabajo se busca mejorar la eficiencia en la recuperación del agua de proceso de la planta, y buscar ganancias socio – económicas y ambientales a futuro.

ABSTRACT

Water is an essential resource for the development of life, only 0,003 % of the whole volume of the planet is a sweet available water for humans; pollution, misuse, costs of collection, transportation and purification make it a limited resource, for these reasons water should be preserved. In an average city water is spended 71 % in homes, 12% in industry, 15% in commerce and 2% in services, while the average person's consumption is 150 liters per day.

Using Clarifier and Tailings of Thickener Tank (Tanque Espesador Clarificador de Relaves (TECR)) this work has as principal purpose to improve recollection of water in process of plants in Vista Alegre district which has a warm climate all year round, the lack of rain and groundwater use, make water a great resource valuable which is necessary for the population and for metallurgical processes of plants which are operating in that area.

This work will improve the efficiency of water recollection in plant process, besides; another important point of this work is seeking profits socio - economic and environmental future.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	9
GENERALIDADES.....	9
1.1. RECURSO HIDRICO EN NAZCA	9
1.1.1. Clima y Meteorología.....	10
1.1.2. Hidrología	24
1.1.3. Calidad de Aguas	28
1.2. MARCO TEORICO	30
1.2.1. Movimiento de las Partículas en el Seno de un Fluido	30
1.2.2. Sedimentación	32
1.2.3. Tipos de sedimentación.....	34
1.2.4. Sedimentación simple Ley de Stokes.....	35
1.2.5. Suspensión	39
1.2.6. Floculación.....	41
1.2.7. Coagulación	42
1.2.8. Floculantes	43
1.2.9. Mecanismo de la floculación	44
CAPITULO II	46
EMPLEO DEL TANQUE ESPESADOR CLARIFICADOR DE RELAVES (TECR) PARA LA RECUPERACION DEL AGUA	46
2.1. Descripción del TECR	46
2.2. Formas de recuperación del agua en plantas metalúrgicas	50
2.3. Importancia del uso del TECR para la recuperación del agua.....	53
CAPITULO III.....	54
MARCO EXPERIMENTAL	54
3.1. Resultados de laboratorio.....	54
3.1.1. Condiciones de la pulpa.....	54
3.1.2. Pruebas de laboratorio la gravedad específica del mineral	54
3.1.3. Selección del floculante – Jarras.....	57
3.1.4. Pruebas de laboratorio velocidad de sedimentación en probetas	59
3.2. RESULTADOS A NIVEL PILOTO	61

3.3. RESULTADOS A NIVEL INDUSTRIAL	63
3.3.1. Descripción de puesta en marcha	64
CAPITULO IV	66
VENTAJAS DE LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HIDRICO POR EL EMPLEO DEL TECR	66
4.1. Ventaja Socio – Económicas	66
4.2. Ventaja ambiental	69
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFIA	74

INDICE DE FIGURAS

Fig 1.1. Presión Atmosférica – Estación CORPAC S.A.	13
Fig. 1.2. Variación de Temperatura – Estación Corpac S.A.	14
Fig. 1.3. Temperatura Media Mensual-Estación Corpac S.A.	16
Fig. 1.4. Temperatura Máxima Media Mensual-Estación Corpac S.A.	17
Fig. 1.5. Temperatura Mínima Media Mensual °C - Estación Corpac S.A. – Serie 1998-2008	18
Fig. 1.6. Precipitación Fluvial Promedio Mensual– Estación Corpac S.A.	19
Fig. 1.7. Precipitación Máxima Promedio – Estación Corpac S.A.	20
Fig. 1.8. Precipitación Mínima Promedio-Estación Corpac S.A.	20
Fig. 1.9. Humedad Relativa Media Mensual-Estación Corpac S.A.	21
Fig. 1.10. Etapas de separación sólido-líquido de una pulpa en el TECR	33
Fig.1.11: La doble capa eléctrica.....	41
Fig.1.12: Puente de polímero.....	45
Fig.2.1. diagrama del funcionamiento del espesador.....	48
Fig.2.2. Partes de TECR	49
Fig. 2.3. Diagrama del procesamiento de minerales por flotación.....	50
Fig.2.4. Disposición de relaves de forma convencional.	51
Fig. 3.1: Preparación de fiólas y mineral.....	56
Fig. 3.3 Valores comparativos de la turbidez y velocidad de sedimentación al emplear los floculantes A-110, A-100 y N-300 a 0.05% y a distintas dosificaciones.....	58
Fig. 3.4 Prueba de sedimentación en probeta.....	59
Fig. 3.5 Agua clarificada con adición de 20 gr/tn de floculante aerofloc A110.....	60
Fig. 3.6 Efecto del floculante sobre la velocidad de sedimentación.....	61
Fig. 3.7 Planta piloto Cono espesador Clarificador de relaves.....	62
Fig. 3.8: a) Overflow (reboce de solución clara del cono espesador),	63
b) underflow (descarga de pulpa espesa del cono espesador).....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ubicación de la Estación Meteorológica-Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.	12
Tabla 1.2. Temperatura Media, Máxima Absoluta y Mínima Absoluta – Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.	14
Tabla 1.3. Temperatura Media Mensual (°C)- Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.....	15
Tabla 1.4. Temperatura Máxima Media Mensual (°C)- Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.....	16
Tabla 1.5. Temperatura Mínima Media Mensual (°C)- Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.....	17
Tabla 1.6. Precipitación Pluvial – Estación del Aeropuerto de Nazca- Serie 1998-2009. ...	18
Tabla 1.7. Humedad Relativa Mensual– Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.-Serie Histórica 1998-2009.	21
Tabla 1.8. Velocidad del Viento–Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.-Serie Histórica 1998-2009.	22
Tabla 1.9. Dirección Prevaliente del Viento-Estación Corpac S.A.	23
Tabla 1.10. Velocidad de Viento según la Escala de Beaufort.	23
Tabla 1.11. Tiempos de Retorno de precipitaciones pluviales	26
Tabla 1.12. Ubicación de la estación del agua subterránea.	29
Tabla 1.13. Parámetros comparados con ECAs	29
Tabla 1.14. Parámetros comparados con ECAs	30
Tabla 3.1: Selección de Flocculantes	57
Tabla 3.2 Balance de masa del circuito de deposición de relaves que ingresa al circuito del TECR piloto.....	62
Tabla 3.3. Balance de masa del circuito de deposición de relaves que ingresa al circuito del TECR.....	65

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo quiere dejar de forma clara y simple la importancia de la utilización del Tanque Espesador Clarificador de Relaves para el desarrollo de la industria metalúrgica en zonas que carecen de agua, que en este caso se centra en el distrito de Vista Alegre – Provincia de Nazca – Departamento de Ica.

Quiero partir exponiendo que el trabajo aquí presentado parte de una revisión bibliográfica, resultados de laboratorio, resultados a nivel piloto e industrial y presentando las ventajas que el uso del Tanque Espesador Clarificador de Relaves presentaría a futuro.

El presente trabajo se encuentra dividido en cuatro (4) partes, que pueden a grosso modo resumirse así, primera parte el análisis del recurso hídrico en el distrito de Vista Alegre y conceptos de sedimentación de partículas, segundo lo referente a la estructura, recuperación de agua en la industria minera, importancia del TECR en la recuperación del agua, tercero lo referente al estudio en laboratorio y campo a nivel piloto e industrial y finalmente otros aportes sobre las ventajas en la optimización del recurso hídrico (agua).

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. RECURSO HIDRICO EN NAZCA

El área de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Vista Alegre – Provincia de Nazca – Departamento de Ica.

a. Localización Geográfica

La provincia de Nazca se ubica en la parte sureste de la región y limita, al Norte con la Provincia de Palpa, al Este con la Región Ayacucho, al sur con la Provincia de Arequipa y al oeste con el Océano Pacífico. Nazca es una ciudad peruana, capital de la provincia de Nazca en la Región Ica. Se extiende en el distrito litoral homónimo. Nazca se encuentra a 444 Km. al sur de Lima. La ciudad actualmente cuenta con actividad turística principalmente.

1.1.1. Clima y Meteorología

El clima del área del proyecto es cálido debido a su ubicación en el desierto costero del Pacífico caracterizado por las escasas o nulas precipitaciones pluviales y por una alta oscilación térmica resultante de las variaciones de temperatura entre el día y la noche.

a) Clasificación Climática

Según el Mapa de Clasificación Climática del Perú publicado a escala 1/1 000 000 por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología- SENAMHI – 1988; el área del proyecto presenta el siguiente tipo de clima:

- Nomenclatura Climática: **E (d) B' 1H3**
- Descripción: Clima Árido y Semicálido con Deficiencia de Lluvias.

b) Meteorología

La importancia de la descripción de los parámetros contribuye al conocimiento del comportamiento del clima en un área específica, describiendo cada parámetro a evaluar tenemos que las precipitaciones fluviales, que en base a la cantidad, distribución y frecuencia nos ayuda a determinar patrones ecológicos, estos registros también son de utilidad para evaluar si se genera una erosión considerable por acción de las lluvias.

b.1) Parámetros Meteorológicos

Se describe a continuación los principales parámetros meteorológicos registrados en la estación Corpac S.A.

- **Temperatura**

La temperatura en el área del proyecto corresponde a climas propios del tipo semi cálido, con una temperatura promedio anual de 19,4 °C los valores muestran dos épocas bien marcadas durante el año, en los meses de Enero a Marzo una temperatura promedio de 22,0 °C y en el mes de Julio, 16.1 °C que representaría la temperatura más baja.

Es importante mencionar que en esta estación Corpac, se han registrados temperaturas máximas extremas de 32 °C y la mínima extrema de 4.8 °C.

Existe la posibilidad de que estos valores mínimos pueden ser un factor benéfico para la actividad agrícola.

- **Humedad**

El promedio anual de humedad relativa en la estación Corpac para el periodo 1958 - 1968, es de 57.3% los valores varían entre 98% valor máximo medio y una humedad relativa media horaria de 65.8%. En general, la humedad relativa es mayor durante los meses de invierno comprendido entre los meses de Mayo a Agosto y menor en las estaciones de verano y primavera, setiembre a Abril.

- **Evaporación**

La evaporación en la zona costera está en función al régimen de las temperaturas, consecuentemente, producto directo de las horas de sol y del calor ambiental la evaporación que se registra es poco oscilante, el promedio anual es de 15,8 mm, con una oscilación entre 12.8 a 18.1 mm; es decir; 5.3 mm, registrándose los valores más bajos en los meses de Junio a Julio.

b.2) Vientos Predominantes en el Área de Estudio

Según los registros de la estación Corpac, el viento predominante es de dirección SSW.

b.3) Información Meteorológica Complementaria

A continuación se presenta en la Tabla 1.1. la Ubicación de la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca – Corpac S.A.; cuyos parámetros de registro son analizados en el desarrollo de este capítulo:

Tabla 1.1. Ubicación de la Estación Meteorológica-Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			PERIODO	DESCRIPCIÓN
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	ALTITUD (M.S.N.M)		
Corpac S.A.	14° 51'	74° 57'	567	11 años	Estación Aeropuerto de Nazca

Fuente: SENAMHI

A continuación se hace una descripción de cada uno de los parámetros meteorológicos:

c) Presión Atmosférica

El promedio de la presión atmosférica en la estación meteorológica del aeropuerto de Nazca se encuentra en 950 hPa.

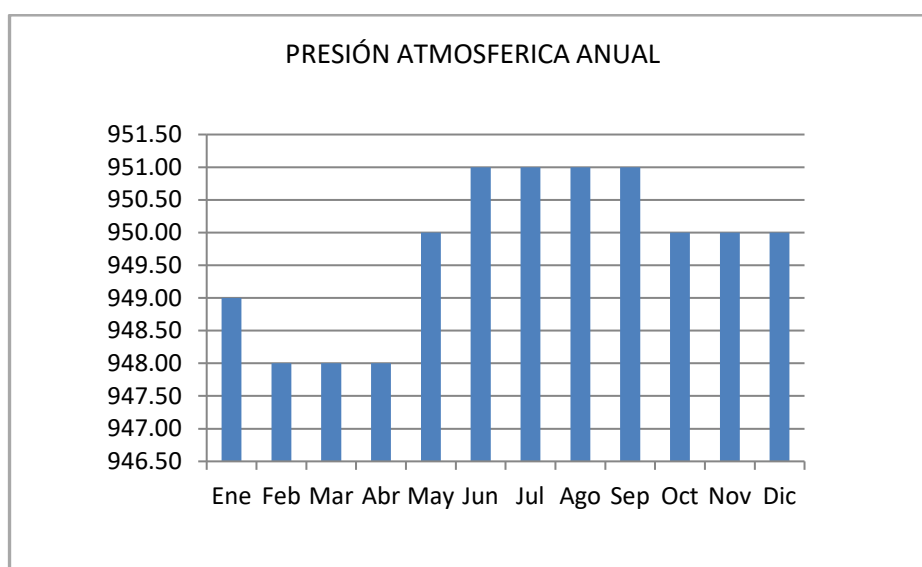


Fig 1.1. Presión Atmosférica – Estación CORPAC S.A.

d) Temperatura

Con respecto al ámbito de estudio se ha considerado la **Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca** perteneciente a **Corpac S.A.**.

En general el comportamiento de la temperatura es inversamente proporcional a la altitud según el gradiente térmico vertical; es decir, la temperatura desciende en la tropósfera a medida que ascendemos en ella.

Tomando como modelo la estación meteorológica arriba mencionada, ubicada a 567 m.s.n.m., se tienen los siguientes valores de temperatura en la zona de estudio correspondientes a la serie histórica multianual del período 1998-2009: ver tabla 1.2.

Tabla 1.2. Temperatura Media, Máxima Absoluta y Mínima Absoluta – Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.

TEMPERATURA (°C)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media	26.94	27.73	27.90	26.19	23.49	20.27	19.17	20.12	21.81	23.99	25.15	26.15
Máxima Absoluta	32.67	33.53	34.03	32.49	30.33	27.61	26.69	27.96	29.53	31.36	31.93	32.28
Mínima Absoluta	19.07	20.12	19.84	17.68	14.50	11.22	10.54	10.62	11.47	13.44	15.03	17.00

Fuente: SENAMHI

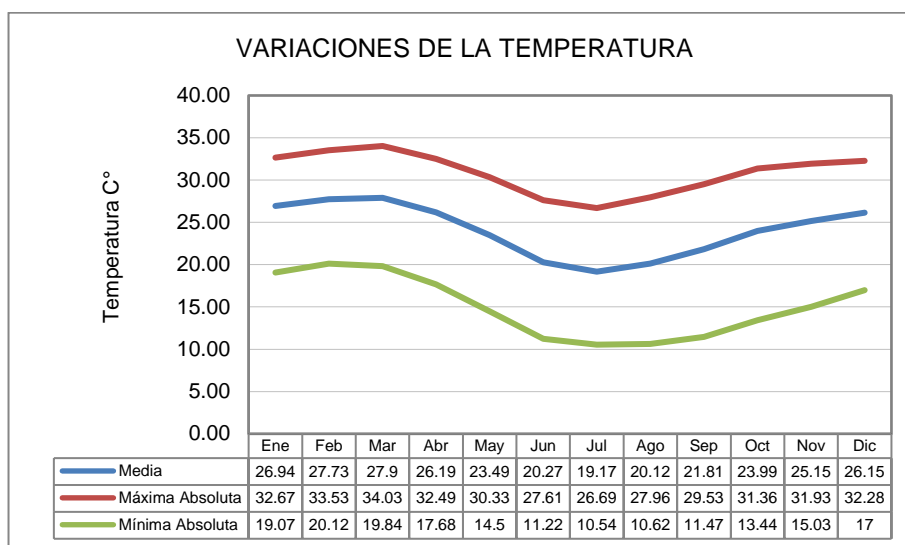


Fig. 1.2. Variación de Temperatura – Estación Corpac S.A.

Los valores registrados hace referencia que el valor mínimo de las medidas corresponde al mes de Julio en tanto los valores máximos de la media corresponden al mes de marzo, como se aprecia en el Fig. 1.2.

- **Temperatura Media Mensual**

En la siguiente Tabla 1.3., se muestran los valores de temperatura media mensual registrados en la Estación de Corpac S.A.

Tabla 1.3. Temperatura Media Mensual (°C)- Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1 998	26.9	28.4	27.8	26.3	23.2	21.7	20.5	20.5	21.5	23.1	24.2	24.7
1 999	25.9	26.2	26.5	25.2	23.2	19.8	18.8	19.7	21.4	23.4	23.9	25.3
2 000	24.8	27.0	27.1	26.1	23.0	19.5	18.5	19.6	21.9	24.1	24.9	26.1
2 001	26.4	27.9	28.2	26.4	22.9	19.5	18.9	19.9	22.0	24.1	25.2	26.0
2 002	27.0	27.7	28.3	25.5	24.0	20.0	18.5	20.1	22.2	24.4	25.1	25.8
2 003	26.9	27.2	27.8	25.8	23.9	21.2	19.7	20.4	21.6	24.6	25.1	26.4
2 004	27.1	27.5	27.7	25.7	22.9	19.3	19.1	19.8	22.7	24.1	25.3	26.5
2 005	27.1	27.6	27.4	26.1	21.9	20.3	19.0	19.9	20.7	22.8	25.0	26.5
2 006	27.3	28.3	27.9	26.4	23.7	20.5	19.6	20.8	22.7	24.3	25.9	26.7
2 007	27.6	28.4	27.8	26.9	23.6	21.0	19.5	19.1	20.8	23.5	25.6	26.6
2 008	26.5	28.5	28.8	26.9	23.6	19.7	18.3	20.8	22.3	24.3	25.9	26.8
2 009	27.8	28.1	29.5	27.0	25.0	20.7	19.6	20.8	21.9	25.2	25.7	26.4
Promedio	26.94	27.73	27.90	26.19	23.49	20.27	19.17	20.12	21.81	23.99	25.15	26.15

Fuente: SENAMHI

De la tabla anterior se puede observar que los promedios mensuales anuales varían desde 19.7 °C en el mes de julio hasta 27.90 °C en el mes de marzo.

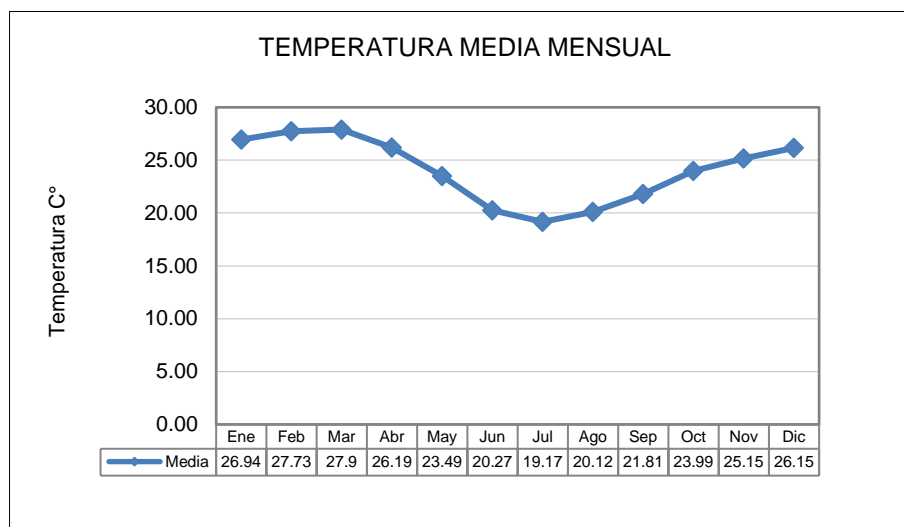


Fig. 1.3. Temperatura Media Mensual-Estación Corpac S.A.

- **Temperatura Máxima Media Mensual**

En la siguiente tabla 1.4. se muestra los valores de temperatura máxima media mensual registrados en la Estación de **Corpac S.A.**

Tabla 1.4. Temperatura Máxima Media Mensual (°C)- Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1 998	33.1	34.4	34.5	33.3	30.4	28.8	27.8	27.6	29.5	30.7	31.9	31.2
1 999	32.3	31.9	32.7	31.5	30	26.7	26	27.5	29.2	30.8	31.2	31.5
2 000	30.4	33.1	33.5	32	29.6	26.6	25.3	27.4	29.5	30.9	31.9	31.7
2 001	31.7	33.3	33.7	32.1	29.5	26.2	26.7	27.8	29.3	31.3	31.4	32.2
2 002	32.9	33	34.1	31.1	30.6	27.1	25.9	27.7	29.8	31.5	31.2	31.9
2 003	32.8	32.7	34	32.3	30.7	28.8	27.1	28.7	29.5	32	32	32.2
2 004	32.9	33.4	33.6	32	30	27.1	27	27.4	30.2	30.9	31.8	32.4
2 005	33.1	33.1	33.3	32.2	29.1	28.7	26.9	28.6	28.2	30.3	31.7	33
2 006	33.3	34.4	34.2	32.5	30.8	28	27.1	28.4	30.5	31.5	32.6	32.9
2 007	33.3	34.5	34.3	33.7	30.6	28.4	27.7	26.5	28.6	31.5	32.6	32.9
2 008	32.3	34.7	35.1	33.4	31.2	26.8	25.9	28.7	30.8	32.4	32.5	33.1
Promedio	32.67	33.53	34.03	32.49	30.33	27.61	26.69	27.96	29.53	31.36	31.93	32.28

Fuente: SENAMHI

De la tabla anterior se puede observar que los promedios mensuales anuales varían desde 26.69 °C hasta 33.53 °C.

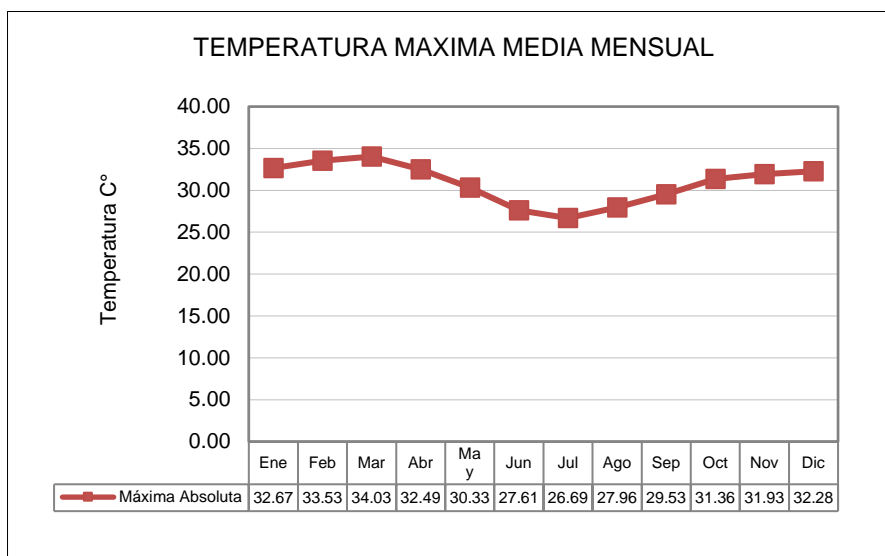


Fig. 1.4. Temperatura Máxima Media Mensual-Estación Corpac S.A.

- **Temperatura Mínima Media Mensual**

En la siguiente tabla 1.5. se muestran los valores de temperatura mínima media mensual registrados en la Estación de Corpac S.A. ver tabla 1.5.

Tabla 1.5. Temperatura Mínima Media Mensual (°C)- Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1 998	20.9	20.7	19.9	17.8	14	12.4	12.4	11	10.9	12.2	13.7	15.5
1 999	16.8	19.3	18.8	17.1	13.9	11.3	10.4	10.3	11.2	13.9	13.8	17
2 000	19.3	19.8	19.9	18.6	15	11.3	10.6	11	12.1	15	15	18.7
2 001	19.9	21.1	20.8	19	18.4	11.4	10	10.6	12.3	14.4	16.5	17.6
2 002	18.8	20	20.4	18.1	15.5	11.1	10.6	11.2	12.4	14.9	16.4	17.7
2 003	18.9	21.1	19.5	16.9	15.2	12	11.2	10.7	11.5	14.8	16.1	18.3
2 004	19.4	19.8	20.1	17.5	13.3	9.9	10.2	10.8	13	14.1	16.3	18.1
2 005	19	19.5	19.1	17.3	12.7	10.5	10	9.9	10.7	11.3	14	16.7
2 006	19.3	20.4	19.5	17.2	14	11.5	11.3	11.2	12.1	11.7	15.2	16.9
2 007	19.1	19.3	19.1	17.7	13.7	10.9	9.5	9.5	9.9	12.3	14.1	16.1
2 008	18.1	20.6	19.2	17.4	12.7	10.9	10	10.9	10.4	13.3	14.3	16.6
Promedio	19.07	20.12	19.84	17.68	14.5	11.22	10.54	10.62	11.47	13.44	15.03	17

Fuente: SENAMHI

De la tabla anterior se puede observar que los promedios mensuales anuales varían desde 10.54 °C hasta 20.12 °C.

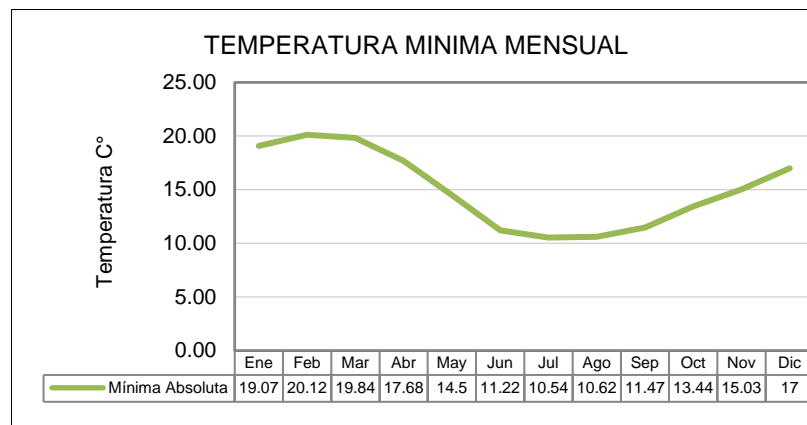


Fig. 1.5. Temperatura Mínima Media Mensual °C - Estación Corpac S.A. – Serie 1998-2008

e) Precipitación Total Mensual

Debido a la ubicación del área del proyecto en el desierto de Pacífico, las precipitaciones son escasas o nulas.

En la provincia de Nazca distrito de Vista Alegre, la precipitación media anual acumulada de la serie es de 2.73 mm, valor estimado basándose en la estación meteorológica del Aeropuerto de Nazca.

Del análisis de registros se puede establecer que las únicas lluvias y muy escasas por cierto, ocurridas en la serie histórica, se extiende de diciembre a marzo correspondientes al fin de la primavera y al verano austral, lapso en el que precipita todo el porcentaje de la lluvia anual. El resto del año la lluvia es nula. Ver tabla 1.6.

Tabla 1.6. Precipitación Pluvial – Estación del Aeropuerto de Nazca- Serie 1998-2009.

Precipitación Fluvial (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	0.63	1.98	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
Máxima	4.3	18	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
Mínima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI

Fig. 1.7. Precipitación Máxima Promedio – Estación Corpac S.A.

El valor máximo de registro de la precipitación máxima promedio mensual de la serie histórica registrada en la Estación Corpac S.A. equivale a 18 mm (Febrero) y el valor mínimo registrado corresponde a los meses consecutivos desde abril a noviembre.

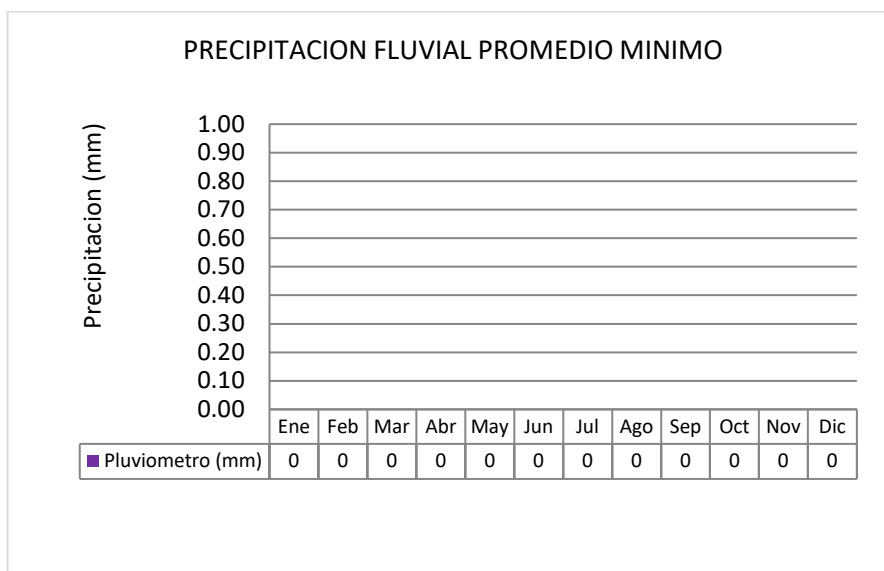


Fig 1.8. Precipitación Mínima Promedio-Estación Corpac S.A.

Los valores de registro de la precipitación mínima promedio mensual de la serie histórica registrada en la Estación Corpac S.A. equivale a 0.00 mm para todos los meses del año.

f) Humedad Relativa

En la siguiente tabla 1.7. se indica la humedad Relativa Media Mensual.

Tabla 1.7. Humedad Relativa Mensual– Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.-Serie Histórica 1998-2009.

Humedad Relativa (%)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media Multianual	58.58	58.33	55.67	58.33	60.67	65.17	67.42	63.83	58.92	55.50	53.33	54.00

Fuente: SENAMHI

La Humedad Relativa Mensual varía desde 53.33 % en el mes de noviembre hasta 67.42 % en el mes de julio.

En el siguiente figura se observa la variación mensual de la humedad relativa media mensual:

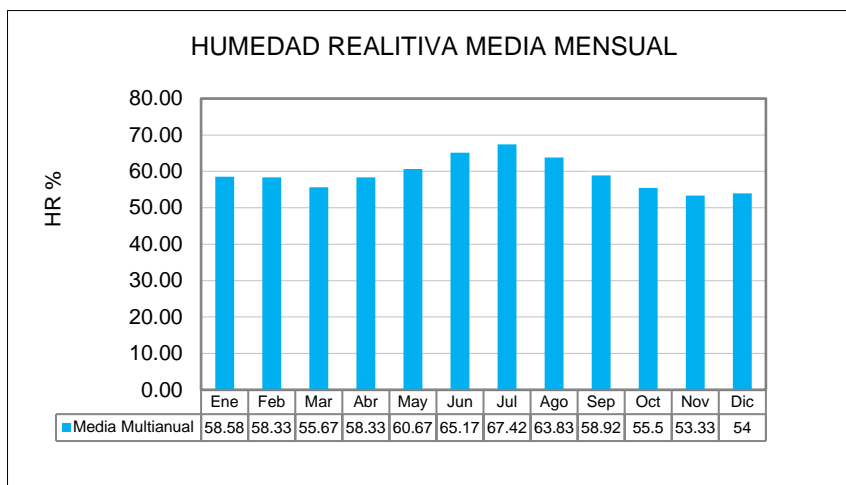


Fig. 1.9. Humedad Relativa Media Mensual-Estación Corpac S.A.

Tomando en cuenta los registros estadísticos de la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca, los valores registrados durante el periodo 1998-2009 indican una fluctuación entre 47.00% y 77.00 %, siendo estos valores, el mínimo permisible y el máximo permisible de la serie respectivamente.

g) Vientos: Velocidad y Dirección

A continuación se describen las características de este parámetro:

Velocidad

En la siguiente tabla se indican los valores registrados de velocidad del viento:

Tabla 1.8. Velocidad del Viento–Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca-Corpac S.A.- Serie Histórica 1998-2009.

Velocidad del Viento (m/seg)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media Multianual	3.31	3.23	3.30	2.98	2.28	1.90	1.93	2.25	2.73	2.91	3.25	3.38

Fuente: SENAMHI

Según los registros estadísticos de la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Nazca, los valores registrados durante el periodo 1998-2009 indican una fluctuación en los valores promedio multianuales entre 1.90 m/s (Junio) y 3.38 m/s (Diciembre), siendo estos valores, el mínimo permisible y el máximo permisible de la serie respectivamente.

Dirección Prevalciente

Prevalece en la serie de registró la dirección suroeste (SW). Según el siguiente cuadro; se indican los vientos prevalcientes por año de la serie histórica analizada: ver tabla 1.9.

Tabla 1.9. Dirección Prevalciente del Viento-Estación Corpac S.A.

Año	Dirección	%	Dirección	%	Dirección	%	Total (%)
1 998	S	100	-		-	-	100
1 999	S	41.67	SW	58.33	-	-	100
2 000	SW	91.67	S	8.33	-	-	100
2 001	SW	83.33	W	16.67	-	-	100
2 002	W	58.33	SW	41.67	-	-	100
2 003	W	91.67	NW	8.33	-	-	100
2 004	W	58.33	SW	41.67	-	-	100
2 005	W	25	SW	75	-	-	100
2 006	S	8.3	SW	75	W	16.7	100
2 007	W	25	SW	75	-	-	100
2 008	W	33.33	SW	66.67	-	-	100
2 009	W	58.33	SW	41.67	-	-	100

Fuente: SENAMHI

Como se observa en la tabla anterior; la dirección prevalciente del viento es de dirección SW; le sigue en orden porcentual, la dirección W.

En la siguiente tabla 1.10., se describen las características del viento según la escala de Beaufort:

Tabla 1.10. Velocidad de Viento según la Escala de Beaufort.

CLASIFICACIÓN		
GRADO ESCALA BEAUFORT	VELOCIDAD (KM/H)	DENOMINACIÓN
0	< 1	Calma
1	1-5	Ventolina
2	6 – 11	Flojito.- Brisa muy débil
3	12-19	Flojo.- Brisa débil
4	20 – 28	Bonancible.- Brisa moderada
5	29 – 38	Fresquito.- Brisa fresca
6	39 – 49	Fresco.- Brisa fuerte
7	50 – 61	Frescachón.- Viento fuerte
8	62 – 74	Temporal.- Viento duro
9	75 – 88	Temporal fuerte.- Viento muy
10	89 – 102	Temporal duro.- Temporal
11	103 – 117	Temporal muy duro.- Borrasca
12	> 118	Temporal huracanado.- Huracán
Total de mediciones		

Según la escala de Beaufort; y teniendo en cuenta los registros de la velocidad del viento del período 1998-2009 en la estación Corpac S.A., la máxima velocidad mensual es de 23.7 km/h correspondiente al mes de diciembre la cual se clasifica como de grado 4, denominada Bonancible (Brisa).

h) Luminosidad

En la zona, las horas del sol se inician a las 7.30 a.m. apreciándose una mayor luminosidad o brillantez desde las 9.00 a.m. hasta las 4.00 p.m., disminuyendo ésta paulatinamente hasta las 6.30 p.m., cuando desaparece totalmente. La mayor luminosidad solar se da en los meses de junio, julio y agosto, disminuyendo en los demás meses del año debido a la presencia de las nubes.

1.1.2 Hidrología

Hidrográficamente, el distrito de Vista Alegre se ubica en la sub-cuenca del río Aja (sector de la cuenca media-quebrada del río Grande); precisamente la sub-cuenca del río Aja desemboca en la cuenca del río Nazca que es tributaria del curso medio del río grande, el cual desemboca en el océano Pacífico.

El sistema hidrológico conformado por el río Grande y sus afluentes, ha dado lugar a la formación y desarrollo de una serie de pequeños valles costeros. De todos estos valles, solo a cuatro de ellos, los valles de los ríos Grande, Ingenio, Palpa-Viscas y Nazca, se les puede dar en forma apropiada tal denominación, ya que, en el resto, el

recurso hídrico es tan escaso y de régimen hidrológico tan variable, que originan grandes períodos de sequía total.

Con respecto al distrito de Vista Alegre, este no cuenta con recursos hídricos superficiales (ausencia de riachuelos, acequias y canales de riego), la única fuente de agua es la explotación de agua subterránea.

Los acuíferos de la zona están limitados al relleno aluvial del valle y al abanico aluvial adyacente. La mayoría de los pozos son poco profundos, el espesor del acuífero es de 25 a 50 m con un nivel estático de 35 m.

La sub-cuenca del río Aja está delimitada por las cumbres del batolito y las estribaciones de la cadena occidental que la separan de las cuencas por el este por el Norte y por el Sur. La sub-cuenca del río Aja se caracteriza principalmente por ser cerrada y no tener tributarios.

Altitudinalmente se extiende desde los 2 770 m.s.n.m. en las cumbres de la cordillera hasta los 550 m.s.n.m.

La longitud de la sub-cuenca Belén es de 8 km de topografía abrupta de fuerte pendiente en las proximidades a la línea divisoria de la sub-cuenca en el lado oeste disminuyendo está pendiente hacia agua abajo

La micro-cuenca y sub-cuenca del río Aja presentan suelos con altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento) aun cuando están enteramente mojados

y están constituidos mayormente por arenas o gravas profundas, bien y hasta excesivamente drenadas, estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua y son tierras áridas con matorrales desérticos escasos.

a) Tiempos de Retorno de la Precipitación Fluvial Existente en la Zona

En la siguiente tabla 1.11., se indican los tiempos de retorno de las precipitaciones máximas obtenidos mediante tratamientos estadísticos para el área de estudio:

Tabla 1.11. Tiempos de Retorno de precipitaciones pluviales

Estación	Función de probabilidad	Precipitación (mm)		
		Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 500 años
Cora Cora	Normal	40.22	42.11	45.57
	Log Normal 2	44.19	48.71	56.16
	Gamma 2	48.05	45.23	50.42
	Gumbell	44.26	47.77	55.90

Fuente: SENAMHI

Descripción de la Cuenca de Drenaje

El área de estudio pertenece a la sub cuenca del río Aja y Tierras Blancas siendo sus coordenadas UTM en la parte central las siguientes:

- 8' 357,200 N
- 503,600 E

La elevación es de 550 m.s.n.m. Sus características topográficas son:

- Área de la micro-cuenca, 18.00 Km²
- Área del depósito, 0.16 Km²
- Longitud del curso principal, 18.00 Km.
- Desnivel máximo, 6.00 m.
- Pendiente del curso, 1.40 %.

b) Período de Recurrencia de Eventos Máximos

La información meteorológica la constituye la precipitación registrada en la Estación de Cora Cora. La estación pertenece al SENAMHI. Las características de esta estación son:

c) Estación Altitud Latitud Longitud Entidad

Cora Cora 3,200 m.s.n.m 15°01' 73°47' SENAMHI. En la quebrada Tierras Blancas no existe estación de aforo, porque no se tiene agua, se ha estimado las descargas medias mensuales a partir de la precipitación en la Estación Cora Cora y los coeficientes de escurrimiento mensual determinado para la sub cuenca.

d) Cálculo de la Escorrentía

El área de estudio se ubican en el desierto costanero cerca de una colina de suave pendiente, **no existe un curso natural o quebrada** que colecte los escurrimientos del área de recepción (0.16 Km²).

La esorrentía producida por eventos extraordinarios, se ha efectuado el análisis correspondiente haciendo uso del método de Snyder, a partir de los valores de precipitación máximos para períodos de retorno de 100 y 500 años y de las características propias de la sub cuenca receptora. Los caudales estimados, son:

- Q máximo 100 años = 0.372 m³/seg.
- Q máximo 500 años = 0,438 m³/seg.

1.1.3. Calidad de Aguas

Monitoreo de la Calidad de Agua Subterránea (Pozo – Garita de Vigilancia)

Localización del Punto de Muestreo

Para determinar la calidad del agua superficial se obtuvo la muestra en la única fuente de abastecimiento de agua subterránea, íntegramente usado en el tratamiento del mineral, proveniente de un pozo, el cual se extrae mediante sistema de bombeo, el mismo que fue tomada y analizada por el laboratorio J y Ramón SAC el 22 de febrero del 2013.

En campo se realizaron mediciones in situ de los parámetros como T°, pH, CE y TDS. La ubicación de la estación de muestreo figura en el siguiente tabla 1.12.:

Tabla 1.12. Ubicación de la estación del agua subterránea.

ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD	DESCRIPCIÓN
	Norte	Este		
AS-01	8 357 672	503 379	540	Pozo de agua subterránea ubicado al lado de la garita de seguridad en el ingreso de la planta MINEX S.A.

Fuente: Expediente de uso de agua

En la tabla 1.13. se presentan los parámetros analizados los cuales fueron comparados con los ECAs categoría 3 (DS N° 002-2008-MINAM).

Tabla 1.13. Parámetros comparados con ECAs

PARÁMETROS	UNIDAD	ECA CAT 3 RIEGO DE VEGETALES	ECA CAT 3 BEBIDA DE ANIMALES
pH	---	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
TSS	mg/l	----	---
Nitratos	mg/l	10	50
Cianuro Total	mg/l		
Cianuro WAD	mg/l	0.1	0.01
Arsénico	mg/l	0.05	0.1
Cobre	mg/l	0.2	0.5
Cadmio	mg/l	0.005	0.01
Cromo Total	mg/l	0.1	1
Mercurio	mg/l	0.001	0.001
Níquel	mg/l	0.2	0.2
Plomo	mg/l	0.05	0.05
Selenio	mg/l	0.05	0.05
Zinc	mg/l	2	24
Coliformes Totales	NMP/100ml	5000	5000
Coliformes fecales	NMP/100ml	1000	1000

Fuente: DS N° 002-2008 MINAM.

En la tabla 1.14. se presentan los resultados obtenidos de los monitoreos históricos de tres años, a cargo de un laboratorio acreditado para Minería y Exportaciones SAC, los cuales fueron comparados con los ECAs categoría 3 (DS N° 002-2008-MINAM) por que se viene empleando para uso industrial.

Los resultados de laboratorio todos los parámetros cumplen con los estándares de calidad ambiental del agua, excepto el pH no cumple con el ECA en mención.

Tabla 1.14. Parámetros comparados con ECAs

PARÁMETROS	UNIDAD	AGUA SUPERFICIAL AS – 01		
		19/04/2012	21/09/2012	22/02/2013
pH	---	6.3	6.4	6.4
TSS	mg/l	<5.0	<5.0	<5.0
Nitratos	mg/l	6.1	8.98	27.05
Cianuro Total	mg/l	--	--	0.004
Cianuro WAD	mg/l	0.01	0.003	0.003
Arsénico	mg/l	0.003	0.0012	<0.001
Cobre	mg/l	<0.003	<0.003	0.0011
Cadmio	mg/l	<0.001	<0.001	<0.0004
Cromo Total	mg/l	<0.003	<0.003	<0.0004
Mercurio	mg/l	0.0002	<0.0001	<0.001
Níquel	mg/l	<0.003	<0.003	<0.0004
Plomo	mg/l	<0.01	<0.01	<0.0004
Selenio	mg/l	---	---	<0.003
Zinc	mg/l	0.0158	<0.003	<0.003
Coliformes totales	NMP/100ml	<1.8	<1.8	170
Coliformes fecales	NMP/100ml	78	23	70

Fuente: Informe de análisis de agua subterránea

1.2. MARCO TEORICO

1.2.1. Movimiento de las Partículas en el Seno de un Fluido

La separación sólido-líquido por métodos mecánicos, forma parte de una gran área de técnicas de separación de fases sólidas, líquidas y gaseosas, este tipo de separación aparece en un extenso número de procesos industriales en los diversos

campos de la economía. A ella, pertenece la eliminación de agua desde suspensiones en la industria, recuperación de agua en procesos de la minería, purificación de aguas domiciliarias, eliminación de polvo, desgasificación de líquidos y la eliminación de espumas, entre muchos otros procesos. Es entonces, pertinente poner los procesos de separación sólido-líquido dentro del contexto de las operaciones de separación de fases.

En los procesos de separación sólido-líquido que nos interesan, el componente líquido siempre se encuentra en la fase continua mientras que el componente sólido puede estar en forma dispersa o continua.

En una suspensión que se alimenta a un espesador, el sólido esta en forma dispersa en la etapa de sedimentación, pero se considera como fase continua en la etapa de consolidación.

Dentro del contexto de la separación sólido-líquido, denominaremos Sistema Particulado a toda mezcla de materiales en que el sólido esté formado de partículas, estén éstas en estado disperso o continuo. Cuando las partículas forman una fase discreta, lo llamamos suspensión o dispersión y cuando están en forma continua, lo denominamos medio poroso.

En realidad, la clasificación de mezclas de materiales continuos o dispersos no tiene mayor importancia en la cuantificación de la sedimentación o filtración ya que, toda mezcla de sólidos y fluidos puede ser considerada una mezcla de materiales

continuos si la mezcla se produce a escala microscópica, o si el volumen de trabajo es mucho mayor que el volumen en que se realiza la mezcla.

La estructura microscópica (o de nivel de partícula) es importante al momento de cuantificar los efectos superficiales entre las fases. Se sabe, por ejemplo, que poros muy pequeños entre partículas originan fuerzas capilares cuando existen presentes las tres fases, sólida, líquida y gaseosa.

1.2.2. Sedimentación

En el procesamiento de minerales, la operación unitaria de separación sólido-líquido, consiste en la eliminación de agua de productos finales o intermedios de una planta concentradora y se realiza en etapas de espesamiento, filtración y clasificación.

En la fig. 1.10. se muestra un Tanque Espesador Clarificador de Relaves.

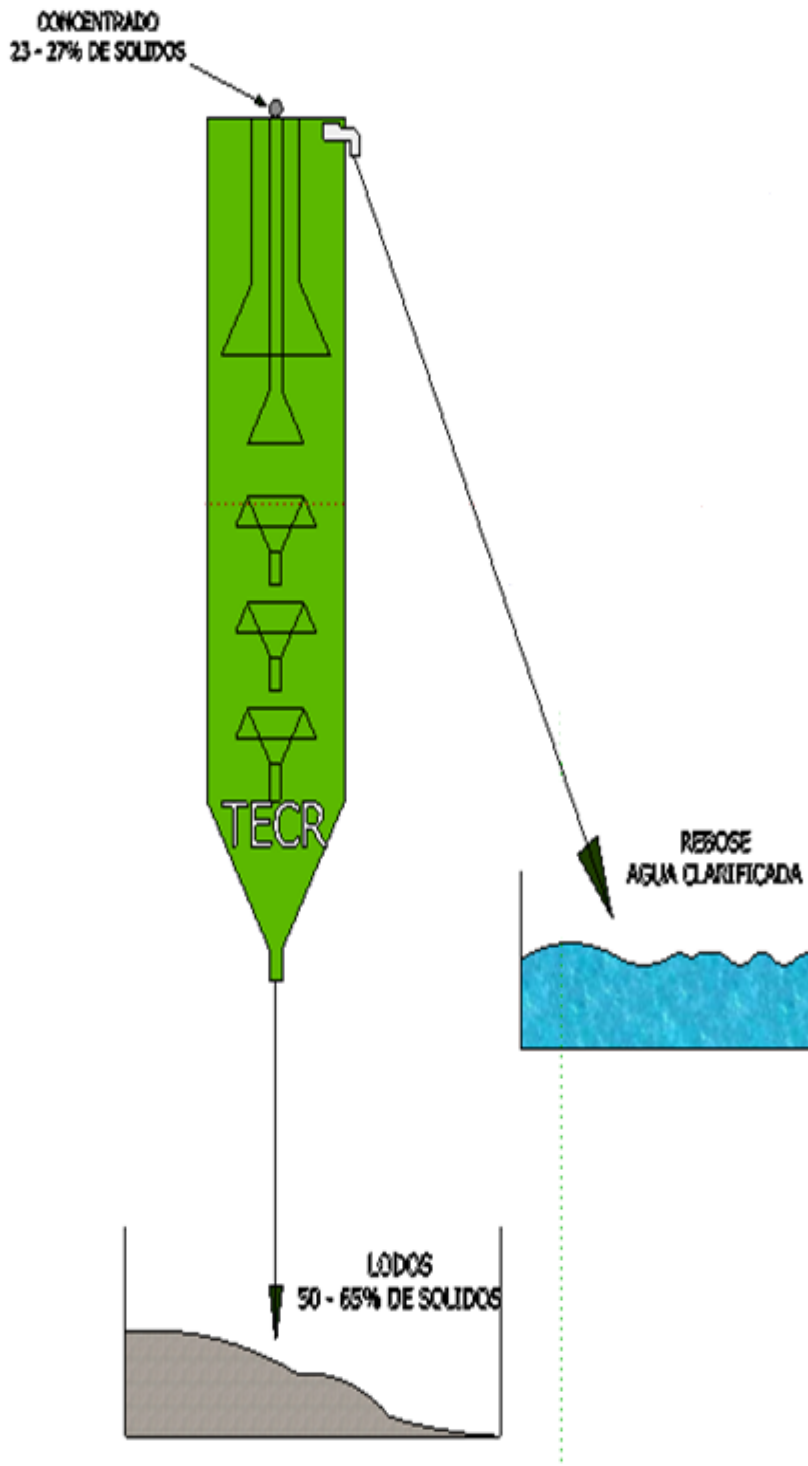


Fig. 1.10. Etapas de separación sólido-líquido de una pulpa en el TECR

El espesamiento ocurre por sedimentación de partículas, se considera la primera etapa de desaguado, produce lodos de 50 a 65% de sólidos y simultáneamente agua clarificada.

1.2.3. Tipos de sedimentación

a) La sedimentación simple

Cuando las partículas que se asientan son discretas, o sea partículas que no cambian de forma, tamaño o densidad durante el descenso en el fluido.

b) La sedimentación inducida

Cuando las partículas que se sedimentan son aglomerables, es decir, que durante la sedimentación se aglutinan entre sí cambiando de forma tamaño y aumentando su peso específico.

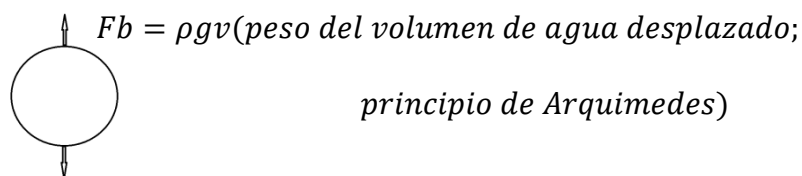
La sedimentación inducida es el tipo que se presenta en una planta de tratamiento y se logra en un tanque, llamado sedimentador o decantador, que se coloca a continuación del floculador y que permite la separación de las partículas floculadas que se forman en los procesos de coagulación y floculación.

Las partículas floculentas adquieren su dimensión, forma y peso casi definitivos durante la floculación, de forma que su comportamiento en el sedimentador es muy

similar al de las partículas discretas. Es por esto que los criterios para el diseño de los sedimentadores para una coagulación se basan en la sedimentación de partículas discretas, fenómeno que trata de representar la ley de Stokes.

1.2.4. Sedimentación simple Ley de Stokes

En el fluido en reposo una partícula está sometida a dos fuerzas:



$$Fg = \rho_s g v$$

Donde

$\rho =$ densidad del agua

$\rho_s =$ densidad de la partícula

$g =$ gravedad

$v =$ volumen de la partícula

La fuerza que impulsa la partícula hacia abajo será la diferencia

$$Fi = Fg - Fb$$

$$Fi = \rho_s g v - \rho g v$$

$$Fi = g v (\rho_s - \rho) \dots \dots \dots (1)$$

Arrastrada por la fuerza la partícula desciende en el fluido con una velocidad creciente pero a la par se crea una fricción en el líquido generado sobre la partícula y que aumenta con la velocidad de sedimentación.

$$Fr = \frac{1}{2} C_d A \rho v_s^2 \dots \dots \dots (2)$$

Donde

$Fr =$ Fuerza de fricción

$C_d =$ Coeficiente de fricción de newton

$A =$ Área transversal de la partícula

$V_s =$ velocidad de asentamiento

Cuando la fuerza de asentamiento se hace igual a la fuerza de fricción, la partícula adquiere su velocidad de asentamiento, V_s , o velocidad límite que es constante durante el resto del descenso.

Para hallar V_s igualamos (1) y (2)

$$g v (\rho_s - \rho) = \frac{1}{2} C_d A \rho v_s^2$$

Despejando V_s

$$v_s = \sqrt{\frac{2g}{C_d} \times \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times \frac{v}{A}} \dots \dots \dots (3)$$

En el caso de partículas esféricas

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$V = \frac{\pi d^3}{6}$$

$$\therefore \frac{V}{A} = \frac{2}{3}d \dots \dots \dots (4)$$

(4) en (3)

$$v_s = \sqrt{\frac{2g}{C_d} \times \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times \frac{2}{3}d}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{g}{C_d} \times \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \times d} \dots \dots \dots (5)$$

La ecuación (5) es la ecuación que describe la caída de un cuerpo esférico en un fluido en reposo.

Queda determinar el coeficiente C_d que varía con R .

$$c_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34 \text{ en la región de flujo turbulento.}$$

$$c_d = \frac{24}{Re} \text{ En la región laminar} \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{Donde } Re = \frac{v_s d}{\mu} < 0.5 \dots \dots \dots (7)$$

$$\frac{v_s d}{\mu} < 0.5 \dots \dots \dots (7)$$

$\mu = \text{Viscosidad Cinemática [Stokes] o [cm}^2/\text{s]} = \mu/\rho$

Cuando la coagulación es completa, el flujo laminar permite una mejor separación, de las partículas suspendidas en el agua, que el flujo turbulento. Un flujo estrictamente laminar esta caracterizado por $Re < 0.1$, pero si $Re < 0.5$ se logra una buena sedimentación.

(7) en (6) y despejando

$$Re = \frac{24}{c_d} = \frac{v_s d}{\mu}$$

Donde

$$c_d = \frac{24\mu}{24v_s d} \dots \dots \dots (8)$$

(8) en (5)

$$v_s = \frac{g}{18} \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right) \frac{d^2}{\mu} \dots \dots \dots (9)$$

De la ecuación de Stokes, se obtienen las siguientes conclusiones:

- A mayor tamaño de partícula mayor velocidad de sedimentación
- A mayor temperatura mayor velocidad de sedimentación al disminuir la viscosidad cinemática

1.2.5. Suspensión

En una suspensión mineral normalmente existe una amplia diferencia en el tamaño de las partículas. Algunas partículas pueden ser lo suficientemente grandes como para sedimentar rápidamente, mientras que las partículas muy finas pueden no sedimentar. La velocidad de sedimentación de cualquier partícula dada depende de su tamaño, su densidad en relación al medio que la suspende, viscosidad de ese medio y las fuerzas interactivas entre esta y otras partículas suspendidas. Las mayores fuerzas interactivas entre sólidos suspendidos son de dos clases: de atracción y de repulsión. Las fuerzas de atracción surgen de las fuerzas de corto alcance de Van der Waals, las fuerzas de repulsión surgen de la superposición de las capas dobles de las partículas con carga eléctrica similar. Se dominan fuerzas de repulsión cuando no se puede producir la agregación de las partículas, mientras que si predominan las fuerzas atractivas, se produce la agregación y sedimentación de los agregados más grandes. Estas fuerzas atractivas pueden operar sólo cuando las partículas están muy juntas. La distancia más corta de acercamiento entre partículas tiene relación directa con la doble capa eléctrica, la que es una función de la carga sobre la superficie de las partículas. Esta carga de la superficie, tiene por lo tanto, un profundo efecto sobre la estabilidad de una suspensión acuosa de partículas sólidas.

En las suspensiones minerales acuosas, las partículas minerales casi invariablemente llevan una carga de superficie que es generalmente negativa, excepto en unos pocos

casos donde el pH de la pulpa es muy bajo. Esta carga superficial se debe a uno o más de los siguientes factores:

1. Distribución desigual de los iones constituyentes.
2. Ionización de los grupos de superficie.
3. Adsorción específica de iones de la solución.
4. Sustituciones isomorfas en el entramado del mineral

Debido a esta carga superficial, los iones de carga opuesta en la solución serán atraídos hacia la superficie. Habrá por lo tanto, más concentración de iones cerca de la superficie que en el centro del líquido. Esta concentración pierde fuerza a medida que aumenta la distancia con la partícula, de modo que existe una capa límite de iones en la superficie de la partícula, seguida de una capa más difusa. Más allá de la capa difusa está la solución en la que la distribución iónica es aleatoria. La capa límite se mueve con la partícula a medida que esta última se desplaza en el medio, de modo que existe un plano de corte entre las capas límite y difusa. El potencial en el plano de corte y la solución es el “potencial zeta”.

El potencial zeta depende de la carga superficial de la partícula y, como puede ser determinado más fácilmente que la carga superficial real, a menudo se considera como una conveniente medida de carga.

La mayoría de las determinaciones del potencial zeta se basa en métodos electroforéticos y miden la movilidad de las partículas individuales suspendidas y cargadas bajo la influencia de un potencial aplicado.

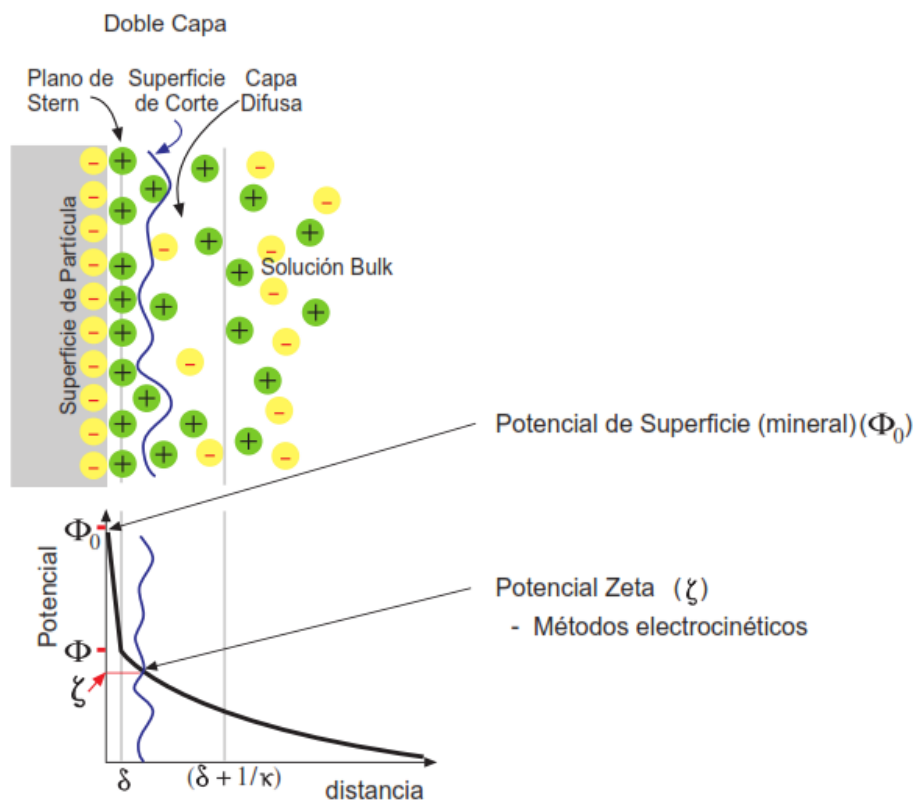


Fig.1.11: La doble capa eléctrica

1.2.6. Floculación

Floculación es la aglomeración de partículas en unidades más grandes llamados flóculos, dentro de un floculo se encuentra el liquido intersticial.

Cuando un floculo se mueve á través de un liquido envolvente, en el liquido intersticial que contiene no hay movimientos relativo correspondiente con respecto a las partículas. En efecto, el movimiento relativo del líquido intersticial es tan pequeño que puede despreciarse y se puede considerar el floculo como si fuera una sola partícula. La floculación también se define como la desestabilización de las suspensiones por medio de polímeros naturales o sintéticos que absorben las partículas formando puentes entre sí, provocando la formación de flóculos.

Como en las pulpas metalúrgicas las partículas finas, imponen una limitación en el grado de su sedimentación, en tales casos se emplean reactivos químicos conocidos como floculantes y coagulantes, estos permiten que los sólidos formen flóculos grandes que se depositaran más rápidamente y producen líquidos más claros en el overflow.

1.2.7. Coagulación

Se define como la desestabilización de suspensiones mediante la reducción de la carga potencial en la interface solido liquido, para permitir su efecto a las fuerzas de van der waals que causan la unión de las partículas en coágulos.

Los coagulantes son productos que reducen el potencial electro-cinéticos de las partículas de la suspensión, y como consecuencia las fuerzas de repulsión entre estas disminuyen y bajo la acción de las fuerzas de cohesión se forman los coágulos.

Como coagulante para la suspensión puede servir cualquier electrolito, los más empleados son: La cal, sulfato de alúmina, ácido sulfúrico, ácido muriático, yeso y otros.

1.2.8. Floculantes

Son compuestos químicos, los que provocan la formación de los floculos, pueden clasificarse en:

a) Floculantes Minerales

Son compuestos muy coloidales que reaccionan por absorción o por neutralización de la carga de las partículas en suspensión, sílice activada, bentonita, hidróxido Férrico.

b) Floculantes Naturales

Son polímeros soluble en agua, los mas comunes son: los derivados amiláceos y polisacáridos, los alginatos (extractos de algas).

c) Floculantes Sintéticos

Son polímeros sintéticos de peso molecular muy alto, solubles en agua, los floculantes sintéticos incluyen tipos ni iónicos, aniónicos y catiónicos, de varios tamaños de moléculas, todo ello para proporcionar un rendimiento optimo en cualquier tipo de suspensión.

d) Floculantes catiónicos

Un floculante catiónico reaccionara con una suspensión electronegativa (potencial Zeta negativo), estos son particularmente eficientes en los sistemas que contienen sólidos orgánicos o con un pH bajo.

e) Floculantes Aniónicos

Un floculante anionico reaccionara con una suspensión electro positiva (potencial Zeta positivo), estos son eficientes en las mayorías de las suspensiones que contienen minerales u otros sólidos inorgánicos, particularmente bajo condiciones neutras y alcalinas.

Estas reglas no son absolutas, ya que no solo la variación del potencial Zeta tiene importancia en el proceso de floculación, ya que las fuerzas de van der Waals pueden ser más importantes.

f) Floculantes No Iónicos

La calidad no iónica es un floculante sumamente adaptable para fines generales y de especial interés en la industria minera y metalúrgica, se usan con pulpas ácidas, neutras o alcalinas.

1.2.9. Mecanismo de la floculación

El mecanismo de la floculación aun no se conoce con precisión, pero como las moléculas de los floculantes sintéticos tienen gran longitud y elevada afinidad por las superficies sólidas, la floculación se produce por quedar la molécula larga absorbida, parcialmente en una partícula sólida y parcialmente en otra, para formar un puente que mantiene las partículas unidas entre sí. Con varias moléculas de polímeros en solución, esta acción da como resultado inmediato la aglomeración y floculación rápida irreversible de las partículas en suspensión.

Floculación de Puente

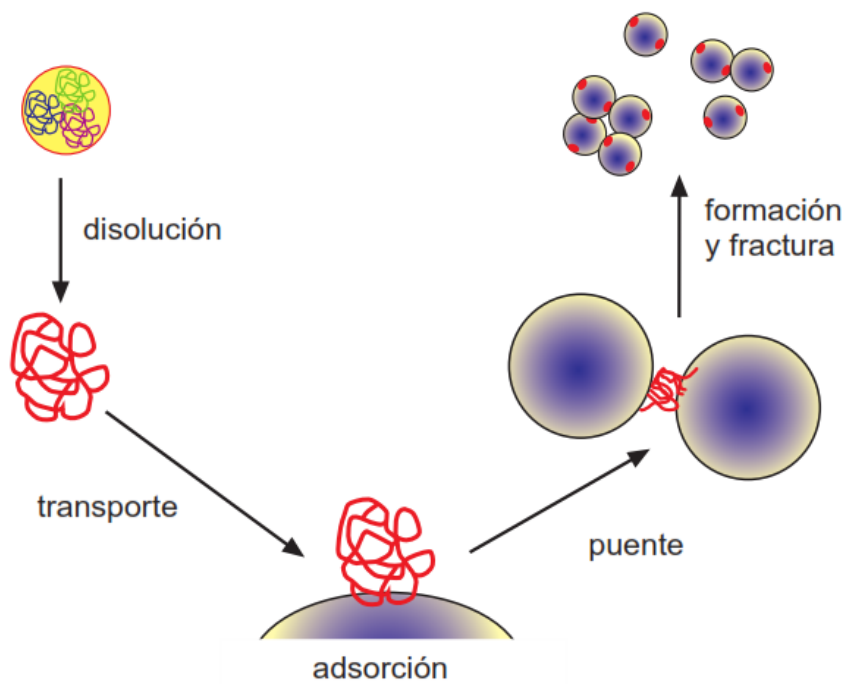


Fig.1.12: Puente de polímero

CAPITULO II

EMPLEO DEL TANQUE ESPESADOR CLARIFICADOR DE RELAVES (TECR) PARA LA RECUPERACION DEL AGUA

2.1. Descripción del TECR

La tecnología moderna sobre la decantación se desarrollo en gran parte en la industria minera.

Antes de concebirse el espesador continuo, se utilizaba la decantación por gravedad en discontinuo. En tales operaciones la alimentación diluida se bombeaba continuamente a un tanque hasta que se observaba que el reboce estaba sucio; a continuación se paraba la alimentación y se dejaban sedimentar los sólidos, Tras un tiempo de retención adecuado, el líquido sobrenadante limpio, se decantaba, y el lodo se retiraba.

Después de estas operaciones en discontinuo, aparecieron los conos de sedimentación. Estos funcionan sin parar al poderse sacar el lodo continuamente por el fondo mientras el líquido rebosa por la parte superior sobre canales en la periferia del cono. Para conseguir un flujo uniforme del hundido y asegurar la salida de sólidos apropiada, la pendiente de las paredes del cono debe ser pronunciada. Esta característica hace que el espesador tenga menor diámetro, ocupando menor espacio y limitando la capacidad del espesador.

Los espesadores mecánicos en general se fundamentan en la capacidad de sedimentación de las partículas por efecto de su peso específico, la gravedad y asistidos por compuestos flocculantes que promueven la formación de flóculos y por tanto sedimentación de las partículas más finas.

En función al nivel de espesamiento deseado es posible clasificar las densidades de pulpa en densidades: Media, Alta, Pasta y Keke.

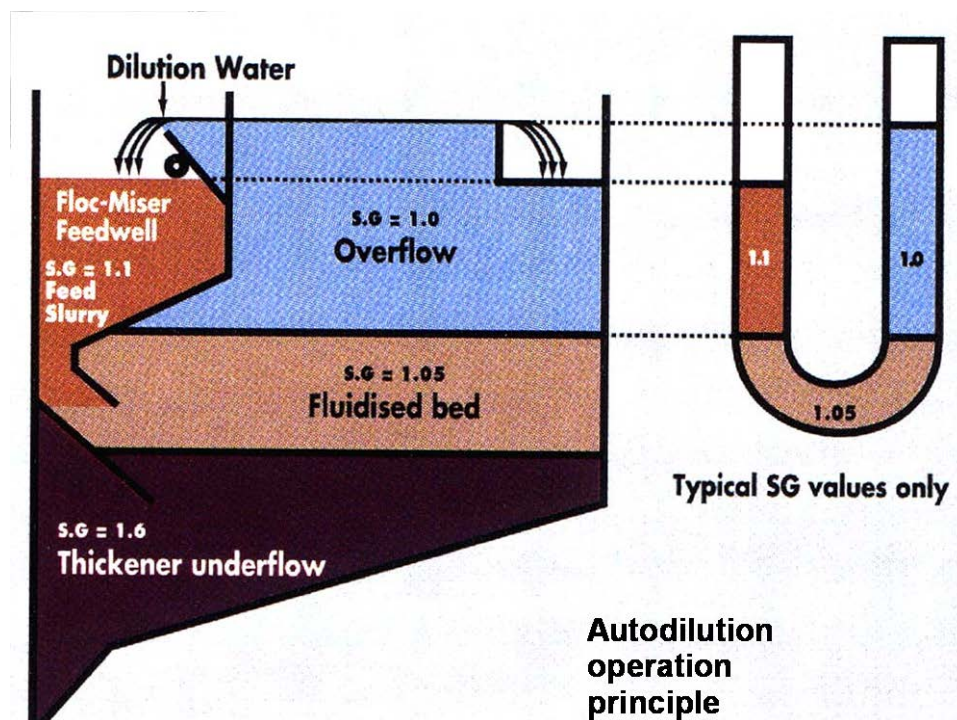


Fig.2.1. diagrama del funcionamiento del espesador

El Tanque Espesador Clarificador de Relaves TECR, está formado por: un tanque, una campana interior principal, tres campanas interiores, una canaleta de rebose, un cono. La alimentación ingresa por la campana interior principal que va descargando hacia las campanas interiores que están dispuestas una debajo como se muestra en la figura 2.2.

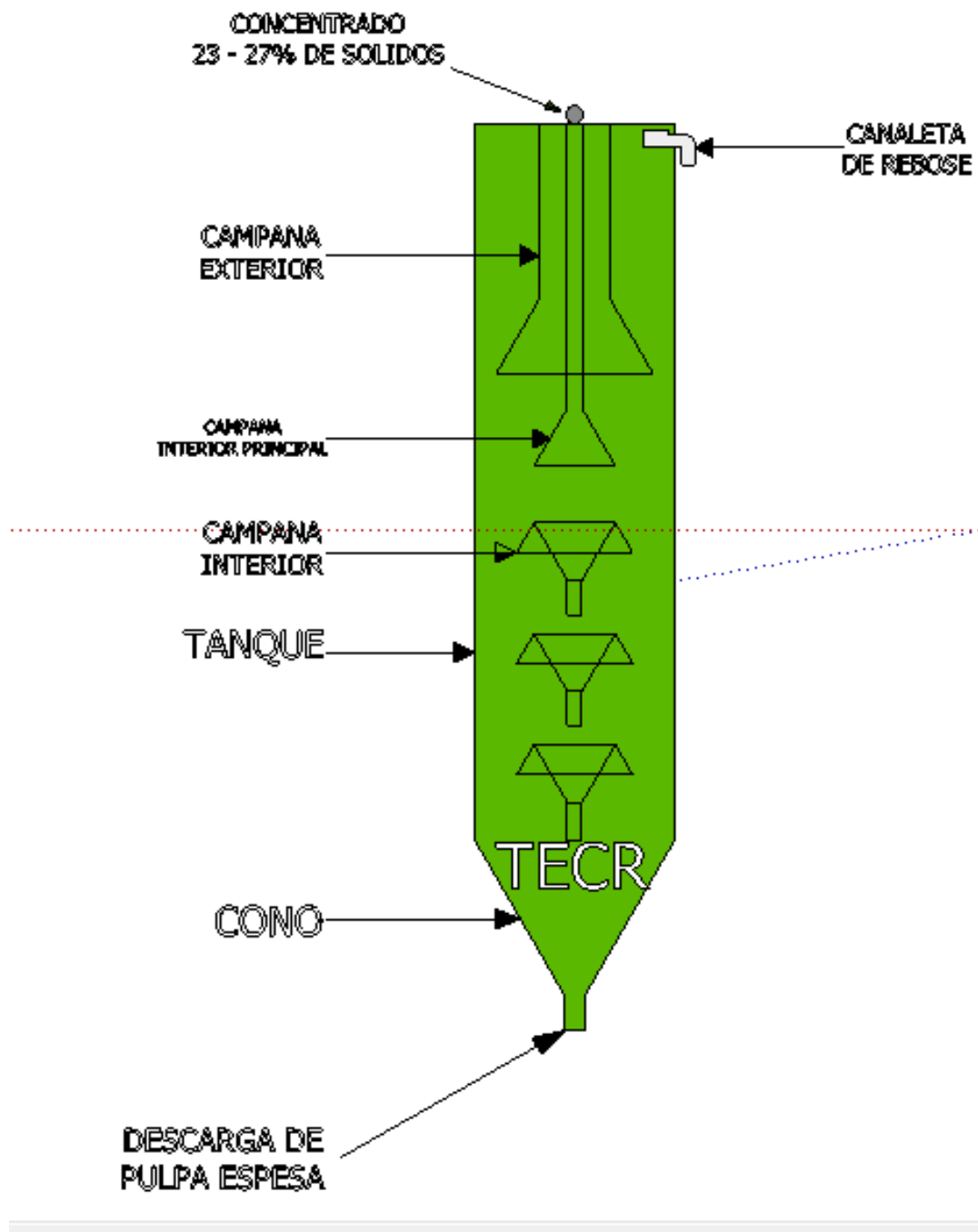


Fig.2.2. Partes de TECR

La sedimentación de las partículas dentro del TECR, es una sedimentación inducida por el uso de floculantes para lograr la recuperación de agua clara en el rebose y a la vez una descarga de pulpa espesa por la parte inferior del cono.

2.2. Formas de recuperación del agua en plantas metalúrgicas

Los minerales que se procesan en la planta de flotación, pasan por los procesos de voladura, chancado, molienda y remolienda, hasta obtener una granulometría adecuada para la liberación del mineral valioso, el cual representa una fracción que puede llegar al 5% del peso total, este se extrae por el proceso de flotación o lixiviación.

El 95% del mineral es material no valioso (gangas), esto significa que la mayor parte del mineral va a parar a la presa de relaves de las plantas metalúrgicas, estos son depositados:

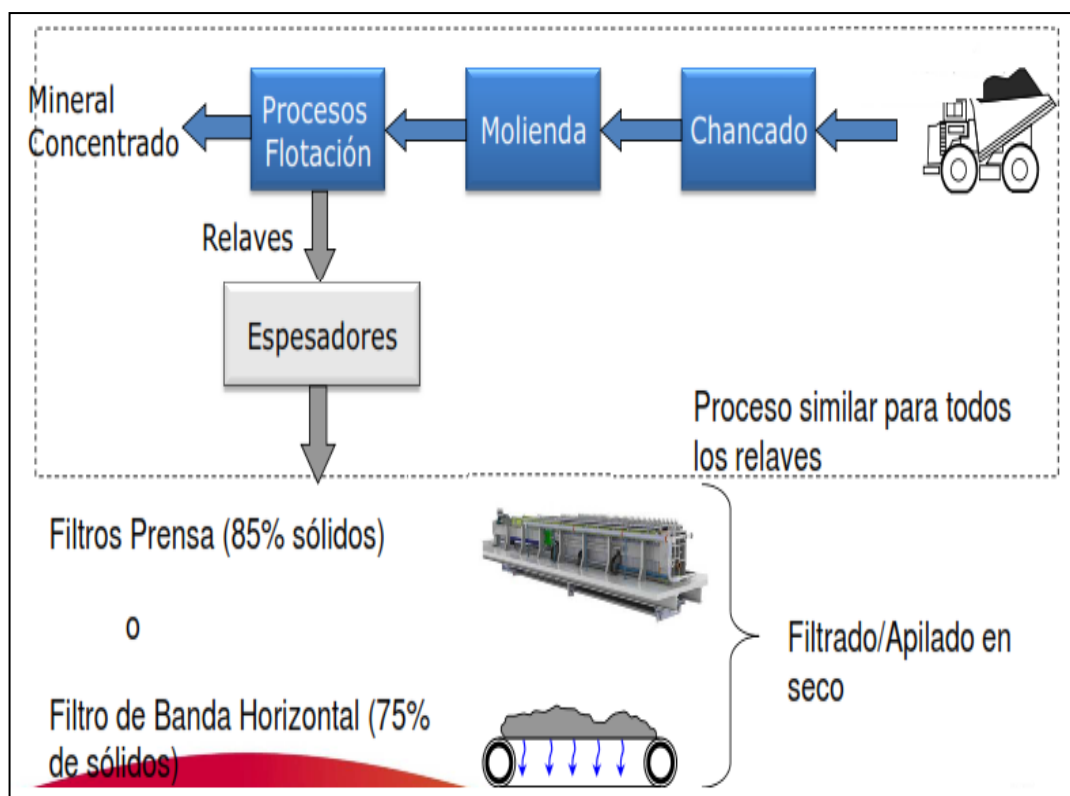


Fig. 2.3. Diagrama del procesamiento de minerales por flotación

a) Deposición de relave completo

El relave de la planta es depositada directamente en el sobre una superficie suficiente mente grande para almacenar los relaves que se producirán durante la vida útil de la planta. El agua es recuperada por decantación y bombeo.

b) Deposición Convencional

Transportados como pulpas con un contenido de 23 a 27% de sólidos. Esta pulpa ingresa al nido de hidro-ciclones, obteniéndose un overflow de 13% - 15% de sólidos y un underflow de 73% - 80% de sólidos, donde la fracción gruesa es utilizada para la construcción del dique y la fracción fina es depositada en la laguna, dentro de la cual los sólidos sedimentan de manera natural; lográndose la separación del agua contenida en los relaves, posibilitándose así la separación del agua contenida en los relaves mediante el bombeo de las aguas superficiales.

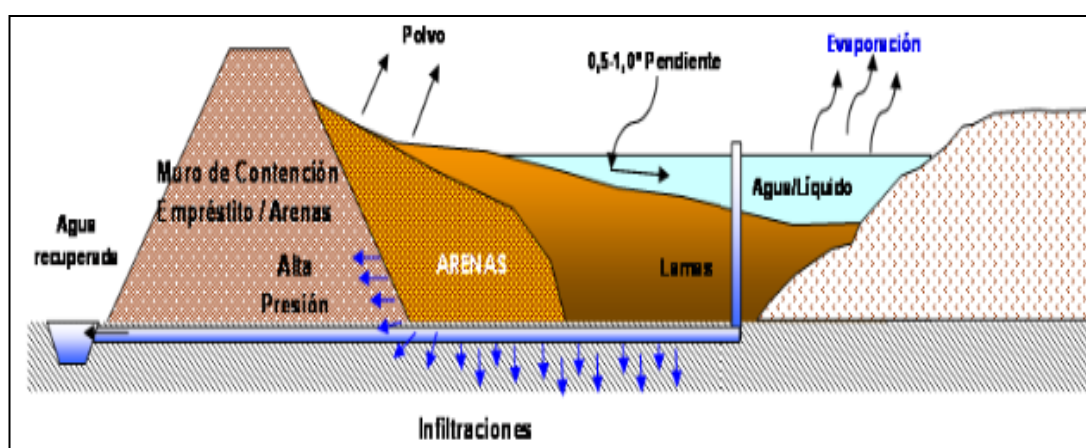


Fig.2.4. Disposición de relaves de forma convencional.

c) Deposición de relave espesado

Esta opción requiere de tratar los relaves provenientes de la planta, de manera de extraerle la mayor cantidad de agua, obteniéndose así un material equivalente a un suelo húmedo el cual puede ser depositado sin la necesidad de un muro de contención. Para este propósito existe distintos métodos: espesar los relaves, filtrar los relaves y relaves en pasta.

- **Espesadores Convencionales**

Espesamiento del orden de 50% de sólido, la capacidad de tratamiento de este tipo de equipos esta en el rango de 1 - 1.5 t/m².

- **Espesadores de Alto Rendimiento**

Rango de 50 a 55% de sólidos y su capacidad de tratamiento es de 20 – 25 tpd/m².

- **Espesadores de Alta Densidad**

Este tipo de espesadores tiene particularidades que le permiten optimizar su operación y por tanto obtener una pulpa altamente densificada en el rango de 60 - 65% de sólidos y con una capacidad de tratamiento de entre 7 – 15 tpd/m².

- **Espesadores de Pasta**

Para altamente densificada hasta niveles de Pasta, se tiene registros de superiores a 67% de sólidos, las tasas de tratamiento son menores a 5 tpd/m², siendo cada vez menor conforme se incrementa el % de sólidos en la descarga.

2.3. Importancia del uso del TECR para la recuperación del agua

El agua es un recurso escaso y valioso, cuya disponibilidad determina la viabilidad o no de un proyecto minero, por tal razón es indispensable incorporar en las operaciones actuales, en las expansiones de planta y nuevos proyectos, tecnologías que permitan optimizar el uso del recurso hídrico, favoreciendo de esta manera la sostenibilidad del Negocio hídrico y el Negocio Minero con respecto a su entorno.

El TECR, es un espesador continuo y no ocupa mucho espacio esto hace que sea una alternativa para las plantas de tratamiento de la zona al tratarse de plantas pequeñas con (capacidad máxima de tratamiento de 320 TPD), el espesador permite recuperar el agua clara por el reboce, y una pulpa espesa de 55 a 60% de sólidos por la parte inferior. Esto permite un incremento en la recuperación del agua que retorna al proceso y a la vez con la descarga de la pulpa espesa se requiere un menor espacio para la deposición de los relaves incrementando vida útil del la presa de relaves.

CAPITULO III

MARCO EXPERIMENTAL

3.1. Resultados de laboratorio

3.1.1. Condiciones de la pulpa

- Solución: Relave de planta concentradora
- pH pulpa: 12.0
- G.E.pulpa tratada sólidos: 2.75 g/cc
- Densidad: 1181.6 g/l
- %Sólidos alimentación: 24% pulpa

3.1.2. Pruebas de laboratorio la gravedad específica del mineral

Se realizo una un muestreo de la salida de relaves de la planta, alimentación al hidro-ciclón, overflow del hidro-ciclón y underflow del hidro-ciclón, para determinar la gravedad específica en cada uno de estos puntos, con la finalidad de poder determinar el porcentaje de sólidos en los tres puntos mencionados.

Para la determinación de la gravedad específica del mineral se utilizo el método de la fióla, utilizando los siguientes instrumentos:

1. Fiolas
2. Balanza
3. Agua destilada
4. Pulpa de relave
5. Estufa
6. Bandeja

Procedimiento

Se toma la muestra de la pulpa de relave de la planta, llenamos la bandeja con la pulpa lo colocamos en la estufa a 120 °C, para que se evapore toda el agua, de homogeniza para sacar muestras representativa se aproximadamente 25 a 30 gramos, se pesa la fiola seca, fiola mas mineral, fiola mas agua mas mineral y fiola mas agua.

Para la determinación de la Ge de los tres puntos de muestreo, se utilizo la siguiente fórmula matemática ver anexo 1.

$$Ge = \frac{(f + m) - f}{((f + a) - f) - ((f + m + a_2) - (f + m))}$$

Gravedad específica de la alimentación

$$Ge_F = \frac{124.6\text{gr} - 115.8\text{gr}}{(314.9\text{gr} - 115.8\text{gr}) - (320.5\text{gr} - 124.6\text{gr})} = 2.75 \text{ gr/cc}$$

Gravedad específica del overflow del Hidro-ciclón

$$Ge_{O/F} = \frac{86.8\text{gr} - 82.2\text{gr}}{(281.4\text{gr} - 82.2\text{gr}) - (284.2\text{gr} - 86.6\text{gr})} = 2.56 \text{ gr/cc}$$

Gravedad específica del underflow del Hidro-ciclón

$$Ge_{U/F} = \frac{110.6\text{gr} - 85.2\text{gr}}{(284.4\text{gr} - 85.2\text{gr}) - (301.1\text{gr} - 110.6\text{gr})} = 2.92 \text{ gr/cc}$$

Donde:

Ge_F = Gravedad Específica de alimento

$Ge_{O/F}$ = Gravedad Específica del Overflow del hidro-ciclón

$Ge_{U/F}$ = Gravedad Específica del underflow del hidro-ciclón

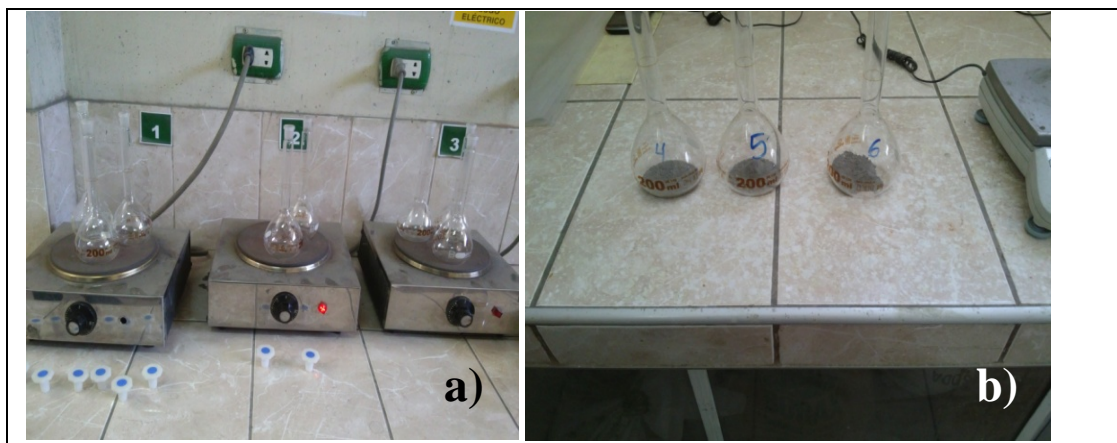


Fig. 3.1: a) Secado de fiólas, b) preparación de mineral

3.1.3. Selección del floculante – Jarras

Se realizaron pruebas de selección de floculantes, se determinó las velocidades de sedimentación para los siguientes productos del fabricante Kemira: Superfloc A100 / A110 / A130 / N100 y N300.

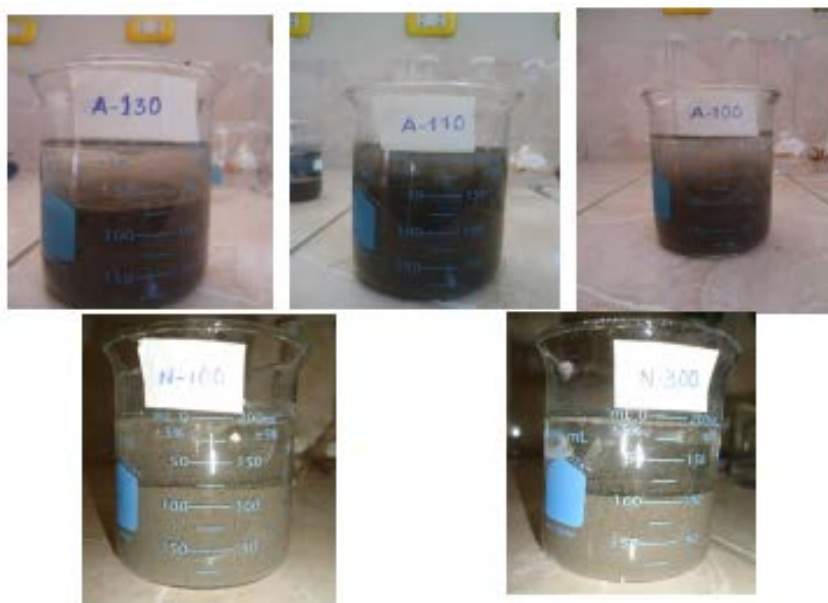


Fig. 3.2. Pruebas de selección de floculantes- jarras

Fuente y elaboración: informe técnico laboratorio y piloto planta de tratamiento pulpa de relaves (diciembre 2012) – Ica Perú

En estos ensayos se verificaron por comparación visual los niveles de clarificación del Overflow, la compactación de los lodos, la velocidad de sedimentación y la resistencia de los flóculos formados.

Tabla 3.1: Selección de Floculantes

PRODUCTO	DOSIFICACION (g/Tn)	VELOCIDAD (m/h)	CLARIFICACION	COMPACTACION UNDERFLOW	RESISTENCIA DE LOS FLOCULOS
Superfloc A100	18	21.02	3	3	3
Superfloc A110	18	22.47	4	4	4
Superfloc A130	18	12.41	4	4	4
Superfloc N100	18	14.65	4	4	3
Superfloc N300	18	14	3	3	3

Fuente y elaboración: informe técnico laboratorio y piloto planta de tratamiento pulpa de relaves (diciembre 2012) – Ica Perú

Leyenda: 5 – Excelente
 4 – Muy bueno
 3 – Bueno
 2 – Regular
 1 – Malo

De las pruebas realizadas se determinó que con el “Superfloc A-110” se obtienen los mejores resultados. Se forman flóculos consistentes y de buena compactación, y se colectan soluciones en el O/F con buena clarificación.

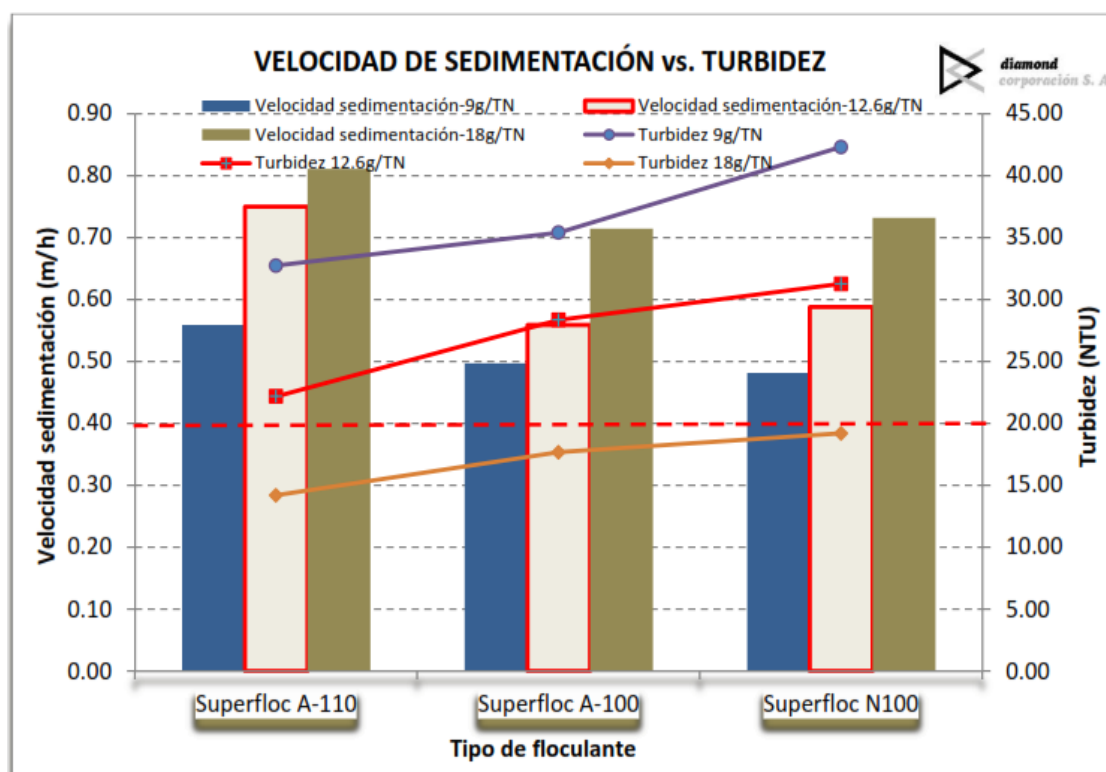


Fig. 3.3 Valores comparativos de la turbidez y velocidad de sedimentación al emplear los floculantes A-110, A-100 y N-300 a 0.05% y a distintas dosificaciones

3.1.4. Pruebas de laboratorio velocidad de sedimentación en probetas

Las pruebas a nivel laboratorio se realizaron con el objetivo de calcular los parámetros necesarios para el funcionamiento del tanque espesador clarificador de relaves (TECR), estos son: la velocidad de sedimentación, consumo de floculante, densidad de pulpa del underflow, etc.

Las variables que se tendrán en cuenta serán las siguientes:

Efecto de la adición de floculante sobre la velocidad de sedimentación

Dosificación óptima del floculante



Fig. 3.4 Prueba de sedimentación en probeta

Efecto de la adición de floculante sobre Velocidad de sedimentación

El floculante es un polímero de cadena larga que tiene la función de aglomerar las partículas finas en flóculos que se comportan como si fueran una sola partícula de mayor tamaño. Permitiendo así la sedimentación de las partículas finas que limitan el grado de sedimentación y logran un líquido claro en el Overflow y una mayor velocidad de sedimentación.

La velocidad de sedimentación se realiza en una probeta graduada de 1000 cc., se toma la muestra se invierte varias veces hasta que la mezcla sea totalmente homogénea se mide la velocidad con la que las partículas van hacia el fondo del recipiente.



Fig. 3.5 Agua clarificada con adición de 20 gr/tn de floculante aerofloc A110

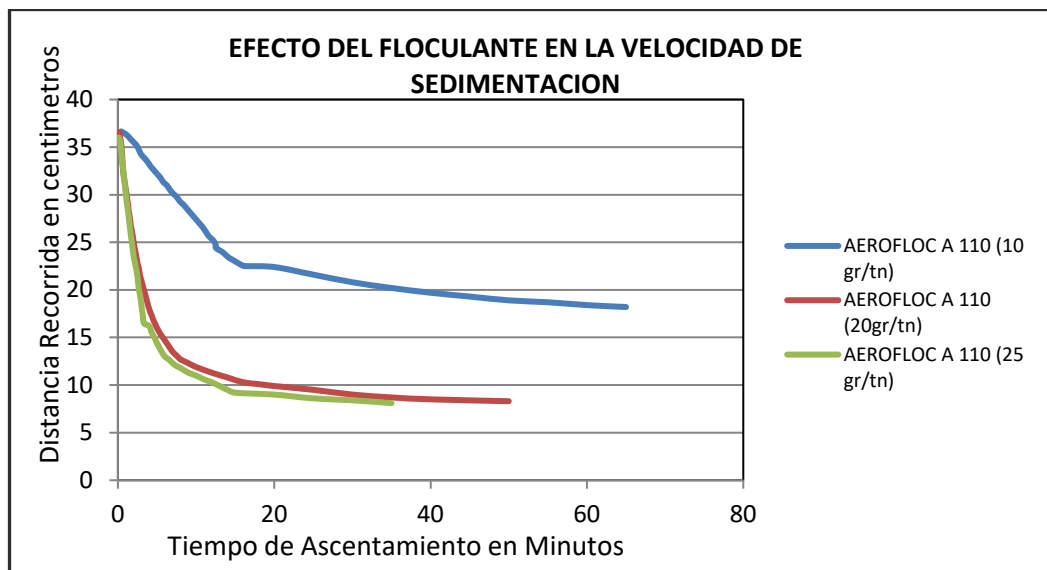


Fig. 3.6 Efecto del floculante sobre la velocidad de sedimentación

3.2. RESULTADOS A NIVEL PILOTO

Las pruebas piloto se realizaron con el objetivo de determinar el flujo de alimentación, el consumo de floculante, densidad de pulpa en la descarga del TECR.

Se realizó el montaje de TECR piloto con la preparación del terreno tendido de geomembrana, construcción de una base para el TECR.

La implementación se desarrolló de la siguiente manera:

- Instalación del TECR piloto.
- Instalación de tuberías de alimentación.
- Preparación de floculante al 0.01%.

Las pruebas iniciaron con:

- La adición de floculantes al TECR, de 15 gr/tn, teniendo un reboce turbio y una descarga aguada.
- Aumento el contenido de floculante a 25 gr/tn, el reboce se aclaro pero la descarga del cono se espeso demasiado la pulpa no era fluida.
- Por último se añadió 20 gr/tn obteniendo un reboce de agua clara y una pulpa fluida de 1600 gr/cc, la tabla 3.2 nos muestra el balance de masa obtenida durante las pruebas.

Tabla 3.2 Balance de masa del circuito de deposición de relaves que ingresa al circuito del TECR piloto

	Densidad Pulpa Promedio (tn/m ³)	Flujo Pulpa (m ³ /hora)	Masa Colectada (tn/hora)
Alimentación	1.182	1.319	1.559
U/F	1.600	0.400	0.640
O/F	1.000	0.919	0.919



Fig. 3.7 Planta piloto Cono espesador Clarificador de relaves



*Fig. 3.8: a) Overflow (reboce de solución clara del cono espesador),
b) underflow (descarga de pulpa espesa del cono espesador)*

3.3. RESULTADOS A NIVEL INDUSTRIAL

Para la construcción y montaje del Tanque Espesador Clarificador de Relaves (TECR), se realizó un estudio del suelo, construcción de la plataforma de los TECRs, iniciando con la fabricación del primer Tanque Espesador Clarificador de Relaves, posteriormente el montaje del TECR.

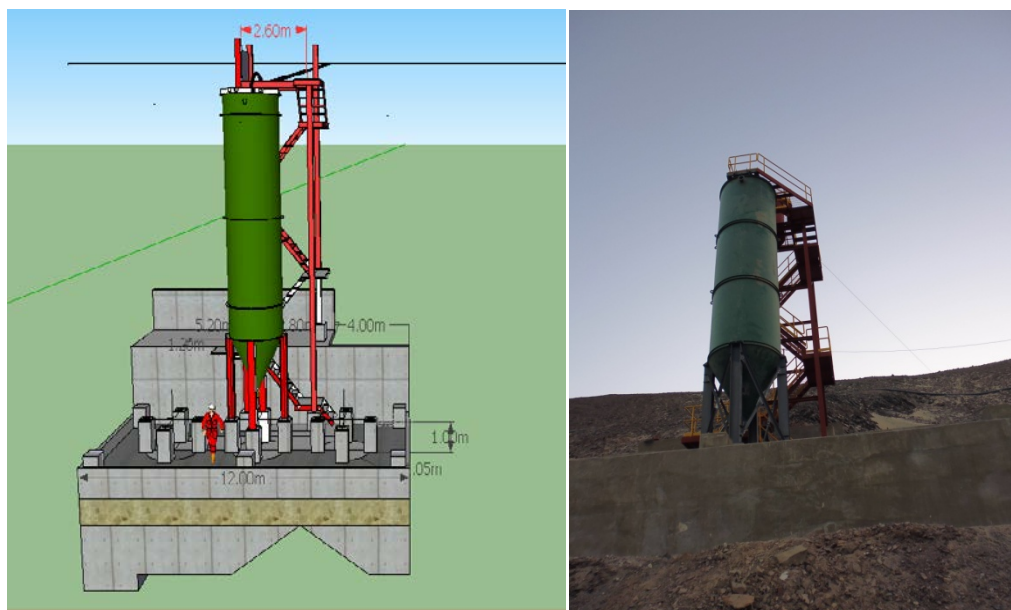


Fig. 3.9.: Tanque Espesador Clarificador de Relaves.

El TECR cuenta con una tubería de alimentación, un medidor de Caudal que permite medir el flujo de alimentación al tanque en m^3/hr , dos tanques para la preparación y adición de floculantes.

3.3.1. Descripción de puesta en marcha

Verificar estado de los equipos:

1. Tanque Espesador Clarificador de Relaves (TECR).
2. Bomba de estaciones de bombeo de la planta.
3. Medidor de Caudal.
4. Agitadores de los tanques de preparación y alimentación de Floculante.
5. Bomba de floculantes.
6. Válvulas de alimentación y descarga.

Abrir la válvula de alimentación del TECR, manteniendo cerrada la válvula de ingreso a la tubería de alimentación al TECR, por espacio de tres minutos abrir la válvula de alimentación del TECR hasta tener un flujo de 30 m³/hr.

Iniciar la adición de floculante al 0.01% con un flujo de 170 litro/hr, con un consumo aproximado de 20 gr/tn de floculante.

Tabla 3.3. Balance de masa del circuito de deposición de relaves que ingresa al circuito del TECR

	Densidad Pulpa Promedio (tn/m ³)	Flujo Pulpa (m ³ /hora)	Masa Colectada (tn/hora)
Alimentación	1.185	4.207	4.986
U/F	1.600	1.297	2.075
O/F	1.000	2.910	2.910

El rebose de agua clara por la canaleta debe ser de forma continua para esto la alimentación del tanque deberá ser lo suficiente para mantener una mezcla en la campana exterior y evitar que la pulpa de alimentación rebalse y se pueda mezclar con el agua clarificada.

La válvula de la Underflow del TECR no debe cerrarse al 100% en ningún momento para evitar que se arene la salida, se tiene que regular la salida de la pulpa hasta obtener una densidad de 1600gr/ltr. – 1700gr/ltr en la descarga.

Se debe verificar todos los parámetros de funcionamiento, para tener los resultados deseados para la recuperación del agua y deposición de pulpa espesa.

CAPITULO IV

VENTAJAS DE LA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HIDRICO POR EL EMPLEO DEL TECR

4.1. Ventaja Socio – Económicas

Para alcanzar los objetivos nacionales de desarrollo sostenible y acometer los desafíos específicos que plantea el agua, los países necesitan invertir en infraestructuras hidrológicas.

También han de realizar inversiones destinadas a mejorar la gestión de sus recursos hídricos actuales. La creación de un sistema de gestión integrada de recursos hídricos (“GIRH” en su sigla inglesa) y de estrategias de optimización del agua permiten a los países sacar un máximo partido de dichas inversiones, posibilitando asimismo una distribución equitativa de las ventajas resultantes y unos beneficios sostenibles sin merma del ecosistema.

En su afán por promover un enfoque más sostenible en el ámbito del desarrollo y gestión hídricos, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (WSSD), celebrada

en 2002, hizo un llamamiento a todos los países para que elaboraran estrategias de GIRH y de optimización del agua para finales de 2015.

Dichas estrategias tienen como fin servir de apoyo a los países en los siguientes puntos:

1. El cumplimiento de los objetivos de desarrollo, tales como la reducción de la pobreza, el afianzamiento del suministro alimentario, la promoción del crecimiento económico y la protección de los ecosistemas.
2. La resolución de los desafíos específicos relacionados con el agua, como, por ejemplo, el control de las inundaciones, el alivio de los efectos de la sequía, el fomento del acceso al agua corriente y las instalaciones sanitarias, la respuesta a la demanda incrementada de agua y la escasez de recursos hídricos.

Muchas agrupaciones poblacionales sufren problemas relacionados con los recursos hídricos que se muestran insolubles con los tradicionales enfoques unisectoriales. Algunos ejemplos: sequía, inundaciones, agotamiento de aguas subterráneas, enfermedades de transmisión acuática, deterioro de suelos y aguas, daño continuado en los ecosistemas, pobreza crónica en áreas rurales y escalada de conflictos por los recursos de agua. La solución a estos problemas con frecuencia se encuentra más allá del área de competencia de las instancias públicas a cargo y requieren la colaboración de numerosos sectores.

Como se ha expuesto en los anteriores capítulos el uso adecuado del TECR contribuiría a **evitar inversiones deficientes y errores costosos a largo mediano y largo plazo**: La toma de decisiones basada en una visión sectorial de corto plazo raras veces es efectiva a la larga y puede resultar en errores muy caros, en forma de beneficios no sostenibles, consecuencias inesperadas y oportunidades perdidas.

Las inversiones deben decidirse a partir de una evaluación de costos y beneficios tanto de amplio espectro como a largo plazo. Además, han de tener en cuenta las implicaciones económicas del mantenimiento de las infraestructuras, el suministro de agua y potencial de recuperación de la inversión y el impacto medioambiental, tanto a corto como a largo plazo.

Los gestores también deben considerar la situación macroeconómica del momento y la forma en que las políticas macroeconómicas tales como los tipos de interés y de cambio afectan a la inclusión del agua en el desarrollo y la sostenibilidad de las instalaciones hidrológicas.

La planificación, diseño y, por último, gestión de infraestructuras garantiza un máximo rendimiento tanto social como económico– de las inversiones.

El agua tiene un valor económico en todos sus usos en conflicto y debe ser asumida como un bien económico.

4.2. Ventaja ambiental

El agua es un recurso imprescindible para el desarrollo de la vida, solo el 0,003 % del volumen total del planeta es agua dulce disponible para el hombre; la contaminación, el mal uso, los costos de captación, transporte y potabilización lo convierten en un recurso limitado que debe preservarse. En una ciudad promedio se gasta el 71 % del agua potable en las casas, el 12 % en las industrias, el 15 % en el comercio y el 2 % en servicios, mientras el consumo promedio de una persona es de 150 l/día.

La legislación a nivel mundial está reglamentando su utilización para poder conservarlo. Medidas como re-uso, tratamiento, regulación, educación, concientización, mantenimiento de redes de transporte, medición y sistemas tarifarios acordes, logrará su disponibilidad por mucho tiempo.

La edificación actual y futura no escapa a esta realidad y es un factor indispensable para la minimización del uso del agua y su futura conservación.

El agua, tanto en cantidad como en calidad, es un elemento fundamental en el mantenimiento del equilibrio de los diferentes ecosistemas terrestres existentes, siendo preciso considerar estas relaciones al proyectar y desarrollar gran parte de las actividades humanas con el fin de conservar el ambiente y hacer un uso sostenible de los recursos hídricos. Una parte muy importante de la población mundial no tiene acceso en la actualidad a agua potable. No es el caso de los países de la Unión

Europea, donde la mayor parte de la población sí la tiene. Para ello, se han invertido grandes cantidades de dinero en la creación de infraestructuras para, primero retener y obtener el agua y, en segundo lugar, su potabilización previamente a su distribución.

Al reusar agua residual tratada, las necesidades de entrada al proceso disminuyen y, por lo tanto, también la cantidad descargada. Esto trae consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (generalmente proporcional al volumen de agua); tercero, por la disminución en el tamaño del tratamiento final para descarga y, por último, por la posibilidad de utilizar el agua para otros usos o usuarios

Teniendo como base lo anteriormente expuesto podemos mencionar que la recuperación del agua se incrementa de forma considerable con el uso de TECR, reduciendo la evaporación del agua, filtración, entre otros. Esto permite a la empresa la disminución del consumo de agua fresca para el procesamiento de los minerales. Teniendo en cuenta la idea de la reutilización de agua potable convierte el gasto en tratamientos en una inversión productiva, pues en lugar de desechar el agua residual, es posible retornar al proceso productivo una fracción del agua residual tratada para que sea acondicionada apropiadamente para su reutilización. Este hecho tiene un efecto benéfico desde el punto de vista del consumo de agua potable.

No se requiere de bombas para la recuperación de agua clarificada disminuyendo el consumo de energía en la planta.

Reduce el área del depósito de los relaves, disminuyendo los costos de preparación del terreno y tendido de geo-membrana.

CONCLUSIONES

1. La zona de Nazca predominan las plantas de servicio, factor que puede producir modificaciones en el comportamiento de las pulpas, por esto se hace necesario la evaluación en el laboratorio de la velocidad de sedimentación que depende de la dilución de la pulpa, distribución granulométrica, pH, etc. con los minerales procesados con más frecuentes en las plantas de servicio.
2. Los resultados de las pruebas de laboratorio son necesarias para la elección del floculante, así como para el consumo de este reactivo, siendo determinantes la forma del flóculos formados, la velocidad de sedimentación, la clarificación del agua en la probeta.
3. Las pruebas en un cono espesador clarificador de relaves piloto nos permitirán ajustar los parámetros de funcionamiento como: el flujo de alimentación al cono, la densidad máxima de descarga de la pulpa espesa,

el reboce de agua clara, también podremos predecir los posibles problemas que se pudieran presentar durante la operación del Cono Espesador Clarificador de Relaves (TECR).

4. El cono espesador clarificador de relaves es útil para plantas pequeñas por su limitada capacidad, a la vez la recuperación de agua para el proceso contribuirá a la disminución en el consumo de reactivos, aumento de la vida útil de la presa de relaves, disminución del consumo de energía al no ser necesario el uso de bombas para la pulpa ni el agua clarificada.
5. El flujo de alimentación al tanque espesador clarificador de relaves debe ser controlada, si la alimentación es demasiada no dará tiempo para que las partículas puedan sedimentar, teniendo un reboce de agua turbia, si la alimentación es poca el tonelaje de procesamiento disminuyendo aun más la capacidad del cono espesador.
6. Verificar que la bomba que alimenta al TECR mande un flujo constante para asegurar un funcionamiento adecuado.
7. El uso del TECR, incrementa la recuperación del agua, aumenta la vida útil de la presa de relaves al disminuir el volumen de la pulpa que se deposita en ella, contribuye a un menor impacto ambiental en la zona, mejora las relaciones entre la población y la empresa.

BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER SUTULOV, Flotación de Minerales, Instituto de Investigaciones Tecnológicas Concepción. ANIBAL MEZA POVIS, Diseño de Espesadores Para Pulpas Metalúrgicas, Tesis de grado UNI
2. ANDREW L. MULAR, RODHAN B. BHAPPU, Diseño de plantas de Procesos de Minerales, Segunda Edición, Editorial Rocas y Minerales – 1985, Arturo Soria, 166 – Madrid – 33.
3. BS EN 50081-1:1992. Electromagnetic compatibility. Generic emission standard. Residential, commercial and light industry. 16 pp.
4. D.S N°074-2001-PCM/ D.S N°003-2008-MINAM
5. DIGESA. 2005. Aprueban protocolo de monitoreo de la calidad del Aire y gestión de los datos Resolución Directoral N°1404/2005/DIGESA/SA. Lima, Perú. 301907-301908.

6. DIGESA. 2005. Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire y Gestión de los Datos. Lima, Perú.
7. FERNANDO CONCHA ARCIL, Ph.D., Manual de Separación & Filtración, edición Febrero 2001, el editor Centro de Imagen Corporativa Fundación Chile Concepción.
8. FERNANDO E. FUERTES VELASCO, Diseño y Calculo de Espesadores de Pulpas Metalúrgicos, Tesis de Grado UNI.
9. IEEE 644.1994. Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines.
10. ICNIRP. 1994. Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields, Health Physics Vol. 66, No 1, pp 100-106
11. ICNIRP.1998. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics Vol. 74, No 4, pp 494-522
12. JOH M. CURRIE, Ph. D., Traducido al español por Ms. Sc. JUAN CHIA AQUIJE, Operaciones Unitarias en el Procesamiento de Minerales, Ediciones populares, Lima 1985
13. MINAM.2008. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire D.S. 003-2008- MINAM. Lima, Perú.
14. MITINCI. 2002. Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas R.M. N° 026-2000 ITINCI/DM. Lima, Perú.
15. NCh2502/1 n2000: Acústica - Descripción y medición del ruido ambiental - Parte 1: Magnitudes básicas y procedimientos. Santiago, Chile.

16. OLGA MARTINEZ MELO, Diseño de presa de Relaves, Tesis de grado UNI.
17. PIERRE BLAZY, El Beneficio de Los Minerales, Editada en Lengua Española por: Rocas y Minerales, Arturo Soria, 166 Madrid – 33.
18. PCM.2001. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire D.S. N° 074-2011-PCM. Lima, Perú.
19. Representantes en el Perú CYTEC, Manual de Productos Químicos Para Minería, Edición Revisada.

ANEXOS

Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado

Proyecto de Ampliación Planta "El Inka" a 340 TMSD

CONTENIDO I RESUMEN EJECUTIVO

1.1 ANTECEDENTES

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3 CONCESION DE BENEFICIO

1.4 MARCO LEGAL

1.5 UBICACIÓN DEL PROYECTO

1.6 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.7 PROCESO METALURGICO

1.7.1 ETAPA DE FLOTACION DE SULFUROS

1.7.2 ETAPA DE CIANURACION DE MINERALES DE ORO

1.7.3 ETAPA DE RECEPCION DE MINERALES

1.7.4 ETAPA DE MOLIENDA.

1.7.5 ETAPA DE FLOTACIÓN Y OBTENCION DE CONCENTRADO

1.8 PROCESO METALURGICO DE LIXIVIACION DE MINERALES OXIDO DE COBRE

CAPACIDAD DE 20 TMDP

1.8.1 CONSUMO DE AGUA

1.8.2 INFRAESTRUCTURA Y AREA TOTAL DEL PROYECTO

1.9 TIEMPO DE EJECUCION

1.10 DESCRIPCION DEL AREA DONDE SE DESARROLLARA EL PROYECTO DE LA PLANTA EL INKA

1.10.1 AMBIENTE FISICO

1.10.1.1 GEOMORFOLOGIA

1.10.1.2 GEOLOGIA

1.10.1.3 GEOLOGIA HISTORICA

1.10.1.4 TOPOGRAFIA

1.10.1.5 FISIOGRAFIA

1.10.1.6 HIDROGRAFIA

1.10.1.7 SUELOS

1.10.1.8 CLIMATOLOGÍA Y METEOROLOGÍA

a. Clima

b. Temperatura

- c. Humedad
- d. Evaporación
- e. Vientos
- f. Calidad de aire
- g. Sismicidad

1.10.2 COMPONENTES BIOTICOS

- a. Ecología
- b. Eco-regiones Y Habitas
- c. Ecosistemas Terrestres
- d. Relieve Y Suelos
- e. Flora
- f. Fauna

1.10.3 COMPONENTES SOCIO ECONÓMICOS

- 1.10.3.1 Distribución Poblacional Según Sexo y Edad
- 1.10.3.1 Religión

1.10.4 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

1.10.4.1 SALUD

- a. Organización de los Servicios de Salud

1.10.3.5 AMBIENTE BASE DE INTERÉS HUMANO

- a. Arqueología y Turismo
- b. Actividad Cultural

1.10.5 IMPACTOS PREVISIBLES AL AMBIENTE

- 1.10.5.1 IMPACTOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION
- 1.10.5.2 IMPACTOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN

1.10.6 IMPACTOS EN LA ETAPA DE CIERRE

1.10.7 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

1.10.8 PLAN DE CONTINGENCIA

1.10.9 PLAN DE CIERRE

1.10.10 ANALISIS DE COSTO BENEFICIO