

## **DripJet, Emulsificador y Dosificador de reactivos inmiscibles en la flotación.**

Gerardo Villavicencio, Andrés López, Oscar López \*

GoalTek S.A. de C.V., Hacienda la Pila 104, Hacienda de bravo, 78175, San Luis Potosí, S.L.P., México

\*[oscar.lopez@goaltekmx.com](mailto:oscar.lopez@goaltekmx.com)

### **RESUMEN**

El DripJet es un equipo innovador diseñado para optimizar la eficiencia en el mezclado de reactivos del proceso de flotación. Consiste en un sistema de generación de emulsiones compuesto por un tubo de poliuretano de alta densidad transparente que actúa como recipiente, y una bomba centrífuga que mantiene una presión constante al tubo de cavitación.

Este equipo crea una emulsión de reactivos que son inmiscibles en agua y por esa característica es difícil aplicarlos directamente al circuito de flotación. En este caso el reactivo inmiscible se introduce en la línea de descarga de la bomba, y antes del tubo de cavitación CavTube® de Eriez, mismo que es utilizado para generar microburbujas en celdas de flotación, el Cavtube® emplea el principio de cavitación hidrodinámica para producir gotas ultra finas del reactivo inmiscible y formar la emulsión. La emulsión se mantiene en movimiento dentro del DripJet, lo que permite dosificarla de forma homogénea al flujo que se requiera.

Las microgotas de reactivo generadas en el DripJet, ofrecen una mayor área superficial que mejora el contacto con el mineral, particularmente de partículas ultrafinas que requerirían una mayor agitación o turbulencia para reaccionar en la superficie; al mismo tiempo optimiza la dosificación de reactivo. En este proyecto, se utiliza diésel como fase inmiscible en agua y se evalúa el funcionamiento de los sistemas de inyección de reactivo y la descarga de la emulsión.

El DripJet demostró ser eficaz en la formación de microgotas, que eran tan finas que no se distinguían a simple vista, se logró formar la emulsión en medio minuto, con una apariencia blanquecina sin distinguir las fases. La separación de fases en la muestra fue observada durante varias horas, con una buena estabilidad de la fase dispersa.

El sistema de alimentación de reactivo se varió con una bomba de diafragma y la descarga de la emulsión se controló con un rotámetro. La dosificación de la emulsión a flujos mayores a 30 mL/min la descarga se mantiene más constante.

**PALABRAS CLAVE:** *emulsión; cavitación; microgotas*



## **ANTECEDENTES**

La flotación por espuma, desde su introducción a principios del siglo XX, ha sido uno de los métodos más utilizados en el procesamiento de minerales y aunque los avances en investigación y desarrollo han mejorado el proceso a lo largo de los años, existen áreas importantes de mejora debido a su complejidad y a la falta de comprensión completa del fenómeno. La flotación es un proceso de separación combina una amplia variedad de fenómenos fisicoquímicos, lo cual sugiere que existen oportunidades significativas para optimizar el proceso actual, en particular, la evolución en el uso de reactivos ha sido notable: se inició con el empleo de aceites naturales y ha progresado hacia el uso de compuestos químicos más complejos que mejoran la eficiencia de la flotación. La adición de estos reactivos ajusta la hidrofobicidad de los minerales, y permite la separación de prácticamente cualquier tipo de mineral, en la práctica industrial, el control adecuado de la dosificación de reactivos en la pulpa es fundamental para inhibir la ganga y recuperar una mayor cantidad de minerales valiosos, convirtiéndose en la variable más crítica para el éxito de la producción. Por ello, el monitoreo continuo y la evaluación precisa del estado operativo de la adición de reactivos son esenciales para optimizar el control y la eficiencia de la planta de flotación (Liu et al., 2013).

### ***La dosificación de reactivos***

Los reactivos utilizados en la flotación de minerales se pueden clasificar en tres grandes grupos: colectores, espumantes y modificadores, cada uno de ellos con una misión específica en la recuperación de metales en la flotación. La dosificación de reactivos pasa por diferentes etapas de estudio, primeramente, pasar por pruebas experimentales en laboratorio metalúrgico para determinar los reactivos óptimos para el proceso y los puntos de adición estratégicos para un mejor rendimiento (Mendoza, 2018).

Los sistemas de dosificación de reactivos se clasifican según el estado de la materia en la que se presenten los reactivos: Los reactivos secos se alimentan en pequeñas tolvas vibratorias o de disco, mientras que los reactivos en solución se alimentan en alimentadores de vaso o por bombas peristálticas (Mijahuanca Villalobos & Castañeda Mendoza, 2018). Las bombas de diafragma son las más comúnmente usadas, este tipo de bomba provee un caudal constante con un simple control, típicamente a través de un tornillo micrométrico de ajuste de carrera. Para la correcta selección del tamaño de la bomba se debe conocer el caudal que se desea inyectar en litros por hora (l/h) y segundo, la presión en el punto de inyección, si la dosificación se realiza en tanque puede considerarse presión atmosférica, pero si la inyección es en una tubería, entonces se debe conocer la presión de agua de la misma, ya que para que la bomba logre dosificar debe vencer esta presión (ACQUATRON, 2014).

### ***Emulsiones***

Las emulsiones son sistemas coloidales formados por la dispersión de una fase líquida en otra, que no se mezcla de manera espontánea, y resulta en una mezcla estable de dos líquidos inmiscibles, estas mezclas

están compuestas generalmente por una fase continua y una fase dispersa, donde uno de los líquidos se encuentra en forma de pequeñas gotas distribuidas en el otro. Estas pueden clasificarse principalmente en dos tipos: aceite-en-agua (O/A) y agua-en-aceite (A/O), según cual sea la fase dispersa y la fase continua. Las propiedades de las emulsiones, como su estabilidad, tamaño de gota y apariencia, están influenciadas por factores como la concentración de tensioactivos, el tipo de líquidos involucrados y las condiciones de preparación (Myers, 1999).

Existen tres métodos principales de preparación de emulsiones que se utilizan con mayor frecuencia. Los tres métodos más empleados incluyen (1) emulsificación física por ruptura de gotas, (2) emulsificación por inversión de fase y (3) emulsificación "espontánea". Los dos últimos métodos pueden describirse como procesos "basados en la química", en los que la naturaleza de la emulsión final será controlada principalmente por la composición química del sistema, mientras que en el primero dependerá más de la naturaleza mecánica del proceso, por ejemplo, la cantidad y forma de entrada de energía (Tabla 1) (P.A. Moura et al., 2019).

**Tabla 1:** Algunos métodos mecánicos para la generación de emulsiones (Myers, 1999).

Método	Energía necesaria	Proceso	Formación de gotas
Agitación	Baja	Batch	Turbulencia
Mezcla			
Simple	Baja	Batch, Continuo	Turbulencia, Fuerzas viscosas en flujo laminar
Rotor-estator	Media-Alta	Batch, Continuo	Turbulencia, Fuerzas viscosas en flujo laminar
Vibrador	Baja	Batch, Continuo	Turbulencia, Fuerzas viscosas en flujo laminar
Flujo de tuberías			
Laminar	Baja-Media	Continuo	Fuerzas viscosas en flujo laminar
Turbulento	Baja-Media	Continuo	Turbulencia
Molino de coloides	Media-Alta	Continuo	Fuerzas viscosas en flujo laminar
Molino de bolas y rodillos	Media	Batch, Continuo	Fuerzas viscosas en flujo laminar
Homogenizador	Alta	Batch, Continuo	Turbulencia, Fuerzas viscosas en flujo laminar, Cavitación
Ultrasonido	Media-Alta	Batch, Continuo	Cavitación, Turbulencia
Inyección	Baja	Batch, Continuo	Turbulencia, Fuerzas viscosas en flujo laminar
Eléctrico	Media	Batch, Continuo	-
Condensación	Baja-Media	Batch, Continuo	-
Aerosol a líquido	Baja-Media	Batch, Continuo	-

En la minería el término de las emulsiones no es desconocido, por ejemplo, las microemulsiones que han sido descritas como sistemas homogéneos formados por la mezcla de aceite, agua, tensioactivos y cotensioactivos, sin necesidad de una significativa entrada de energía mecánica. Estas microemulsiones están constituidas por pequeñas gotas dispersas en una fase continua y se caracterizan por su estabilidad termodinámica a largo plazo. Este tipo de emulsiones ha sido ampliamente utilizado en la concentración de iones metálicos, como el cromo, hierro, zinc, plomo, níquel, cobre y manganeso.

En el ámbito de la flotación de minerales, las microemulsiones han mostrado aplicaciones prometedoras, ya que la presencia de una fase no polar es fundamental para mejorar la concentración de minerales hidrofóbicos, por ejemplo, en la flotación de molibdenita se emplean aceites como agentes colectores, en la flotación de carbón se ha empleado keroseno como colector y aceite de pino como espumante, mientras que, en la flotación inversa de minerales como el hierro, el diésel se ha utilizado como agente extensor de cadena, con resultados positivos (P.A. Moura et al., 2019)

### ***La Cavitación en la flotación***

El fenómeno de la cavitación ha demostrado ser una herramienta valiosa en el proceso de la flotación de minerales, y ha encontrado buenas aplicaciones.

La cavitación hidrodinámica se genera cuando la presión de un líquido en movimiento se reduce temporalmente por debajo de su presión de vapor, lo que provoca la formación de burbujas llenas de vapor o aire, estas burbujas, producidas en sistemas como el CavTube® de Eriez, son transportadas a una región de mayor presión, lo que resulta en una dispersión de burbujas extremadamente finas, que visualmente se asemejan a un humo (Eriez Flotation Division, 2024).

La combinación de burbujas inducidas por cavitación con burbujas generadas mecánicamente produce una mayor recuperación en la flotación que el uso de cualquiera de estos métodos por separado, el efecto sinérgico se debe a la nucleación de microburbujas en la superficie de las partículas minerales, lo que actúa como un "colector" secundario, esto incrementa la probabilidad de adhesión burbuja-partícula, reduce el riesgo de desprendimiento y mejora la eficiencia del proceso.

Uno de los factores clave que influyen en la eficiencia del proceso de flotación es el desempeño de los reactivos químicos empleados en las distintas etapas de concentración por flotación. Colectores, espumantes y modificadores de superficie son fundamentales para facilitar la adhesión de las partículas minerales a las burbujas de aire, permitiendo así su separación de la ganga, sin embargo, la dosificación de estos reactivos inmiscibles en los circuitos de flotación presenta áreas de oportunidad debido a que los métodos convencionales de adición de reactivos, difícilmente se dispersan y homogenizan en la pulpa y pueden comprometer la separación de minerales. Ante esta problemática, la implementación de la tecnología DripJet se presenta como una solución innovadora que mejora la dispersión y homogenización



de los reactivos principalmente los inmiscibles en agua, mediante la formación de una emulsión que mejore la interacción con la superficie de las partículas finas.

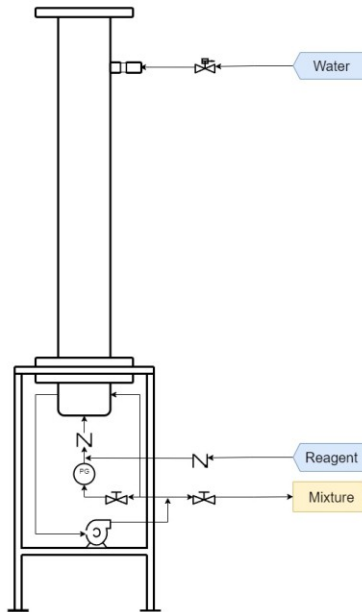
De tal modo que el objetivo de este estudio es evaluar el desempeño del DripJet en la emulsificación de los reactivos inmiscibles en agua, los cambios en la concentración de reactivos a lo largo del tiempo y la formación de una emulsión con diésel como reactivo. Lo anterior se busca lograr a través de :

- Analizar el comportamiento del flujo de salida en el sistema DripJet durante su operación.
- Determinar mejores variables para la operación del DripJet.
- Observar la formación de emulsiones con diésel como fase inmiscible en agua.
- Evaluar la estabilidad de la emulsión formada por el DripJet.

## **METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

### ***Equipos e instrumentos***

El DripJet consiste en un sistema construido a partir de un tubo de poliuretano de alta densidad, equipada con un sistema de recirculación operado mediante una bomba centrífuga, además, el DripJet está diseñado para mantener un nivel constante con la reposición de agua en automático (Figura 1).



**Figura 1:** Diagrama P&ID del DripJet

La descarga de la bomba se divide en tres direcciones principales. Una parte de la descarga corresponde a la emulsión final, otro flujo es hacia el CavTube® y otro es la recirculación al DripJet

1. Flujo de emulsión final.- Esta línea está equipada con una válvula que regula el flujo que pasa a un rotámetro, que permite ajustar el flujo de la emulsión a la flotación.
2. Línea de retorno al CavTube®.- Una fracción de la emulsión se redirige hacia el CavTube®, este flujo se controla mediante una válvula. Esta línea tiene un manómetro para monitorear la presión en la alimentación en el tubo de cavitación CavTube® y una conexión rápida que facilita la adición del reactivo, el cual se dosifica de manera continua mediante una bomba dosificadora.
3. Retorno Directo al DripJet.- La parte restante de la emulsión se dirige directamente al DripJet. Para mantener la emulsión en agitación.

### **Reactivos**

- Agua teñida con azul de metileno.
- Diesel

### **Procedimiento**

1. Llenado Inicial: Llenar el DripJet con agua hasta el nivel correspondiente.
2. Ajustar el flujo dirigido al CavTube® gradualmente y registrar la presión a la cual comienza el fenómeno de la cavitación.
3. Una vez determinada la presión inicial de cavitación, continuar el incremento del flujo hacia el CavTube® hasta identificar la presión en la cual cesa la recirculación.

### **Prueba con azul de metileno**

1. Llenar el DripJet con agua fresca hasta el nivel correspondiente. Posteriormente cortar el flujo de agua al sistema para realizar una prueba Batch.
2. Preparación de agua teñida de azul de metileno que funcionará como reactivo.
3. Agregar reactivo hasta alcanzar una concentración del 100% en el DripJet. @ 60 mL/min constantes la adición del reactivo y la descarga del producto.
4. Durante la prueba, monitorear la presión a la que trabaja el CavTube® y el flujómetro de la descarga.
5. Tomar muestras de 200 mL cada 20 minutos.
6. Determinar el tiempo necesario para haber reemplazado el 100% del agua fresca por agua teñida con azul de metileno.
7. Evaluar el comportamiento del sistema y el cambio físico en la concentración de la mezcla.

### *Prueba con Reactivo Inmiscible en agua*

1. Preparación Inicial: Llenar el DripJet con agua fresca hasta que el flotador lo permita. Posteriormente cortar el flujo de agua al sistema para realizar una prueba Batch.
2. Preparar el reactivo inmiscible, en este caso se utiliza diesel al 100%.
3. Adición del Reactivo: Mantener constante la adición del reactivo @ 28 mL/min.
4. Monitoreo y Medición: Durante la prueba, monitorear la presión a la que trabaja el CavTube® y el flujómetro de la descarga, para asegurar que los flujos se mantengan constantes.
5. Tomar una única muestra de 1L al final de la prueba.
6. Ejecutar la prueba con una duración de 32 minutos.
7. Analizar los cambios físicos de la emulsión a través del tiempo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Evaluación de la operación del tubo de cavitación CavTube® en el sistema.***

El objetivo de esta parte del estudio fue determinar la presión mínima a la que el tubo en cavitación CavTube® comienza a trabajar y la presión a la que la recirculación deja de proporcionar movimiento a la mezcla dentro del DripJet.

La determinación se realizó de manera visual, al observar directamente el comportamiento del CavTube® y la mezcla bajo diferentes condiciones de presión. La presión del CavTube® se reguló con ayuda de una válvula de control, que ajusta tanto el flujo de la recirculación como el flujo que va al CavTube®. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Presión mínima de operación del CavTube®: Se observó que el tubo CavTube® comienza a trabajar a una presión mínima de 18 psi. A esta presión, se inicia el proceso de cavitación, lo que permite la generación de las microgotas deseadas (Figura 2).



**Figura 2:** Inicio de la cavitación



- Presión máxima de recirculación efectiva: La recirculación cesa y deja de proveer movimiento a la mezcla dentro del DripJet a una presión de 25 psi. Por encima de esta presión, el flujo de recirculación no es suficiente para mantener el movimiento de la mezcla.

Estos hallazgos determinan el umbral de operación óptimo del CavTube®. Operar dentro de este rango asegura una recirculación eficiente y la generación de las microgotas, que se espera sean clave para la emulsión deseada.

En futuras investigaciones, estos parámetros de presión servirán como referencias clave para ajustar y evaluar la cavitación del sistema a diferentes niveles de presión, contribuirá al desarrollo de estrategias de control más precisas y efectivas.

### **Evaluación del mezclado del tubo de cavitación CavTube® de Eriez.**

Con el volumen del DripJet, que es de 13.66 L, se realizó el cálculo para conocer el tiempo necesario para reemplazar completamente el agua fresca con agua teñida con azul de metileno. El agua teñida se alimentó al sistema a un ritmo constante de 60 mL/min, y la descarga del sistema se ajustó para mantener el mismo flujo de salida.

El cálculo teórico para el reemplazo completo del volumen de agua en el DripJet es el siguiente:

$$\text{Tiempo total} = \frac{\text{Volumen total del DripJet}}{\text{Flujo de alimentación}}$$
$$\text{Tiempo total} = \frac{13660 \text{ mL}}{60 \frac{\text{mL}}{\text{min}}} = 227.67 \text{ min}$$

Convertido a horas y minutos, el tiempo total estimado es de 3 horas y 48 minutos, que será la duración de la prueba.

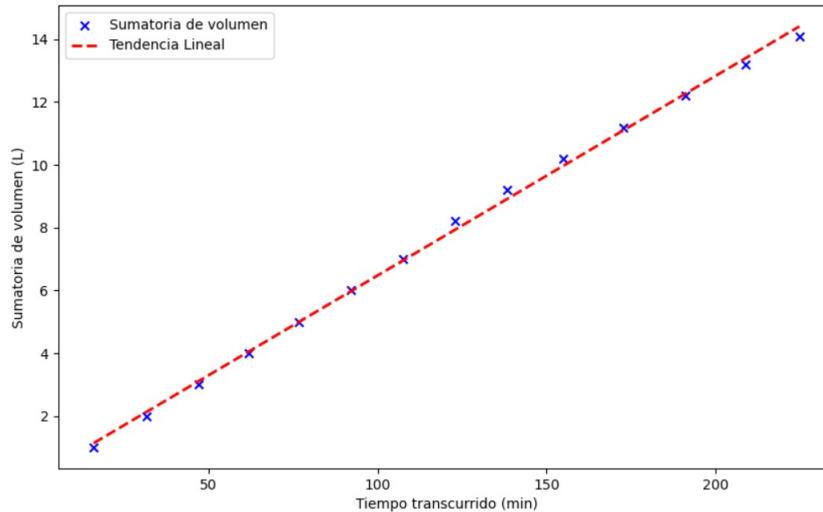
A partir de esta información, se tomaron un total de 11 muestras, con intervalos de 20 minutos entre cada una. Cada muestra fue cronometrada para analizar el comportamiento del flujo de descarga de la mezcla a lo largo del tiempo.

Al finalizar la prueba de 3 horas y 48 minutos, se registró un consumo total de 14.1 litros de reactivo, lo que corresponde a un consumo promedio de 61.84 mL/min. Este valor es muy cercano al flujo de 60 mL/min fijado inicialmente en la bomba dosificadora, lo que indica que el sistema mantiene el flujo establecido con variaciones mínimas.

La gráfica sobre el consumo de reactivo muestra un comportamiento lineal, con un ritmo promedio de 16.06 minutos por litro de reactivo consumido. Esta linealidad es consistente, como lo indica la baja desviación estándar de apenas 1.14. La mínima desviación estándar refuerza la confiabilidad del sistema, lo que

sugiere que las variaciones en el consumo de reactivo son mínimas y el sistema opera de manera eficiente (Figura 3).

**Figura 3:** Consumo volumétrico de reactivo a través del tiempo.

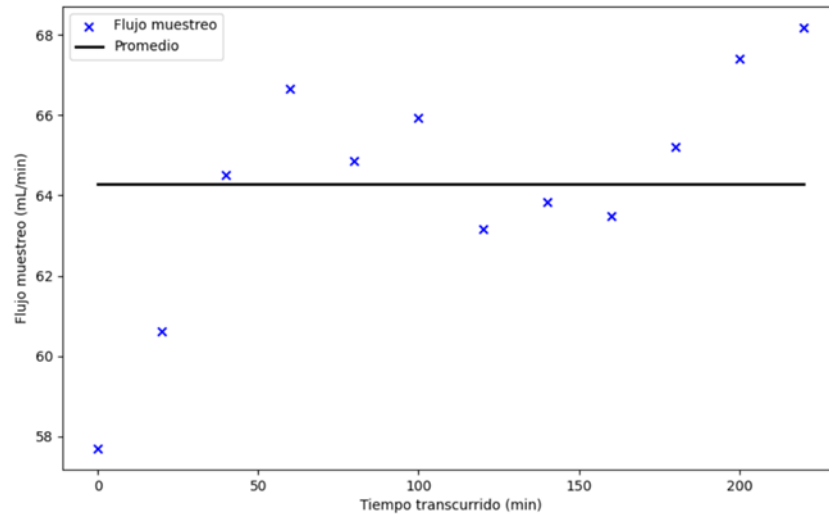


Aunque el promedio global de consumo es coherente con el ajuste inicial de la bomba dosificadora, un análisis más detallado de la velocidad de consumo revela una variación a lo largo del tiempo. Inicialmente, el flujo de consumo fue de 62.5 mL/min, y llegó gradualmente hasta 56 mL/min al final de la prueba. Esta disminución en el flujo representa una diferencia de 6.5 mL/min.

Con estos datos, se puede concluir que el sistema tiene el potencial de mantener un flujo constante a lo largo del tiempo, aunque es necesario el monitoreo dependiendo de los requerimientos de reactivo al circuito de flotación.

Al igual que en el análisis del consumo de reactivo, se examina el comportamiento de la velocidad de descarga de la mezcla por minuto. Durante la prueba, se realizaron ajustes constantes en el flujómetro para mantener la velocidad de la descarga en 60 mL/min, debido a que el flujo experimentaba fluctuaciones. Además, con la recirculación se mantuvo constante la presión en el CavTube®.

Se observa que, a pesar de estos ajustes en el flujómetro, la velocidad de descarga presentó variaciones a lo largo de la prueba. El valor mínimo registrado fue al inicio con 57.6 mL/min, mientras que el valor máximo se alcanzó al final de la prueba, con 68.18 mL/min. El gráfico muestra los ajustes continuos realizados durante la prueba (Figura 4).



**Figura 4:** Comportamiento de la velocidad de descarga de reactivo a través del tiempo.

#### **Análisis visual en la mezcla de la descarga.**

Se tomaron 11 muestras a lo largo de la prueba con el objetivo de analizar el cambio en la concentración de la mezcla, se comienza con una muestra cero que representa la condición inicial. A medida que avanzó la prueba, se observó un aumento notable en la tonalidad de azul en las muestras, lo que indica una mayor concentración de reactivo. Sin embargo, la intensidad del azul en las muestras nunca alcanzó la del agua teñida utilizada como reactivo (Figura 5).



**Figura 5:** Gradiente de color en las muestras tomadas durante la prueba

Además, se comparó la tonalidad del agua utilizada como reactivo, el agua final al interior del DripJet y el agua recolectada en el compósito después de haber pasado por el sistema. Los resultados mostraron tres tonalidades distintas de azul, lo que sugiere que después de 3 horas y 48 minutos de prueba, aún no se había logrado un reemplazo completo del contenido en el DripJet. Esto hizo necesario realizar una prueba de mayor duración para alcanzar una concentración del 100% en el interior del DripJet (Figura 6).



**Figura 6:** Comparación de color entre la muestra de referencia que representa el reactivo, la muestra final después de la prueba, la muestra del compósito y una muestra al tiempo 0.

#### ***Análisis del comportamiento del DripJet en la formación de la emulsión con un agente inmisible.***

En esta etapa experimental, se utilizó diésel como agente inmisible en agua. Se cronometró el tiempo necesario para la formación de la emulsión en el DripJet, observándose que las microgotas comenzaron a formarse de inmediato al pasar por el CavTube®. La emulsión se formó completamente en 30 segundos, durante los cuales la solución cambió de un color cristalino a un tono blanquecino que se distribuyó



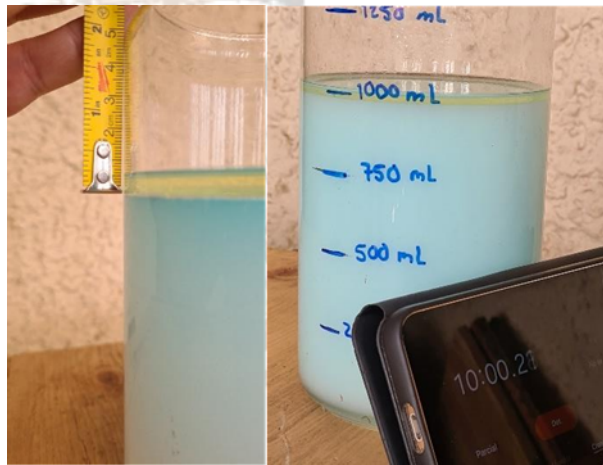
**Figura 7:** Formación de la emulsión a los tiempos 0, 10 y 30 segundos.



uniformemente en toda la columna del DripJet, lo que supone una emulsificación completa. A continuación, se pueden apreciar las etapas de formación de la emulsión, junto al tiempo transcurrido (Figura 7). Las figuras deberán ser referenciadas en el texto anterior a ser presentada (Figura 1). Pueden llevar los colores que se requieran puesto que la publicación será en formato digital.

### ***Estabilidad de la emulsión creada por el DripJet.***

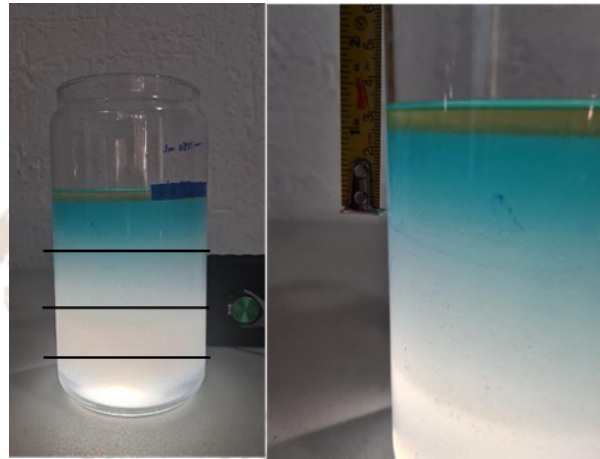
Se observó la muestra tomada de la emulsión y se analizó durante varias horas la estabilidad de la emulsión, se observó cambio en su apariencia física a diferentes tiempos y se midió la altura del diésel separado sobre el agua para poder comparar la velocidad a la que se separan las fases. La emulsión presentó una primera etapa de separación de fases en la que en los primeros 10 minutos en los que llegó a una altura de 6 mm en la altura del diésel (Figura 8).



**Figura 8:** Separación de fases en los primeros 10 minutos.

La muestra se observó durante 14 horas, en las cuales no se apreció un notable incremento en la altura del diésel, de apenas 1mm y mantenía en su mayoría la apariencia blanquecina, sin embargo, se destaca la aparición de 4 zonas de la emulsión de un tamaño aproximado 2.5 cm, estas cuatro zonas formaban un gradiente de color en el que la parte del fondo del recipiente tenía una apariencia más traslucida hasta llegar a la parte superior la que aparentaba una mayor concentración del diésel, lo que indica que la separación aún continuaba (Figura 9).





**Figura 9:** Aparición de las 4 zonas en la muestra de la emulsión luego de 14 horas.

## **CONCLUSIONES**

Las pruebas iniciales del DripJet confirmaron su capacidad para operar de manera estable, con un control efectivo de los flujos de entrada y salida. Se observó que el equipo facilita una dosificación constante de reactivos, lo que permite una dispersión adecuada en el sistema.

Además, el DripJet generó una emulsión con diésel como fase inmisible, esta emulsión resultó ser estable a lo largo del tiempo con hasta 14 horas de estabilidad. Este desempeño sugiere que el equipo puede generar una emulsión que se mantenga estable al entrar en contacto con la pulpa, y permitir así ese contacto eficiente.

En resumen, el DripJet muestra un alto potencial para mejorar la dosificación de reactivos y aumentar la eficiencia de estos mismos en la flotación de partículas finas.

La etapa de evaluación del DripJet en una planta concentradora de cobre se llevará a cabo durante el mes de octubre del 2024 y se pretende coleccionar la mayor información posible para hacer las correcciones al diseño y operación del DripJet.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su agradecimiento a los organizadores del XXI Encuentro sobre Procesamiento de Minerales, a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, al Instituto de Metalurgia y SYENSQO, por la oportunidad que nos brindan de compartir estos avances. Agradecemos a las empresas Goal Tek y Eriez

## REFERENCIAS

ACQUATRON. (2014). ACQUATRON. Obtenido de

[https://www.acquatron.cl/pdf/Tecnologia\\_en\\_bombas\\_dosificadoras.pdf](https://www.acquatron.cl/pdf/Tecnologia_en_bombas_dosificadoras.pdf)

Barrera, V. R. (2024). Fluidos bajo Cavitación Acústica en recintos finos: Experimentación y Modelación.

Eriez Flotation Division. (2024). CavTube® Sparging. Obtenido de ERIEZ:

<https://www.eriez.com/NA/EN/Flotation/CavTube-Sparging.htm>

Liu, J., Gui, W., Tang, Z., Yang, C., Zhu, J., & Li, J. (2013). Recognition of the operational statuses of reagent addition using dynamic. ELSEVIER.

Mendoza, W. T. (2018). Diseño de un Sistema Automático para la Dosificación de Reactivos en la Empresa Pionner Mining. La Paz, Bolivia.

Mijahuanca Villalobos, H., & Castañeda Mendoza, I. (2018). Diseño de un Sistema de Supervisión y Control, para la Dosificación de Reactivos en las Celdas de Flotación de Planta Alpamarca - Pasco. Lambayeque.

Myers, D. (1999). SURFACES, INTERFACES, AND COLLOIDS. John Wiley & Sons.

P.A. Moura, M. C., Dantas Neto, A. A., C. Peres, A. E., M.C. Neitzke, P. R., & Neuma de Castro Dantas,

T. (2019). Microemulsions and nanoemulsions applied

