

*Integridad Mecánica*

+

*Presencia de Sólidos*

+

*Tratamiento Estadístico  
de la Información*

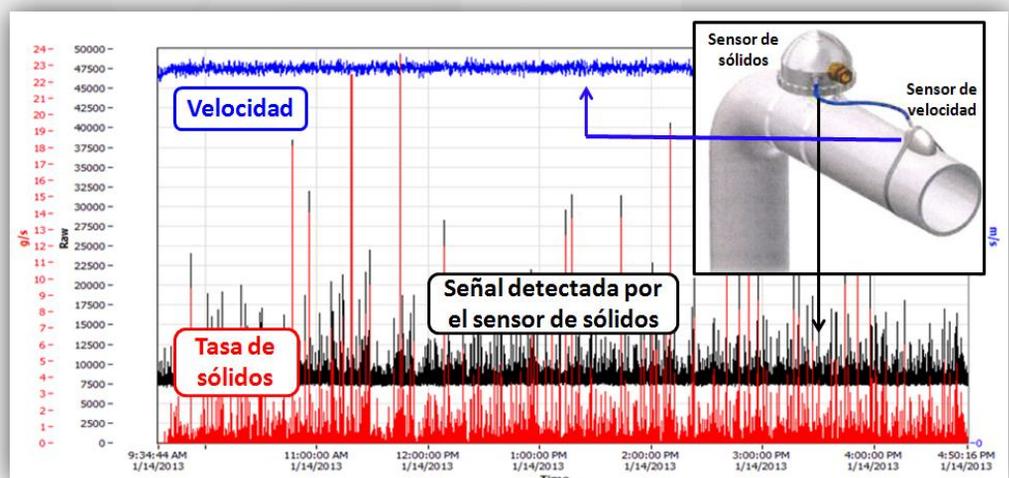
## Medición de sólidos en línea:

Hacia la prevención del taponamiento y abrasiones aceleradas en bombas electrosumergibles y tuberías

La presencia no controlada de sólidos en cualquier parte del proceso de extracción de hidrocarburos implica serios problemas que pueden ir desde la pérdida de la integridad mecánica de las líneas de flujo en superficie por mecanismos de falla asociados a fenómenos erosivos hasta el daño de las bombas electrosumergibles en subsuelo por abrasiones aceleradas en el sistema impulsor-difusor por efecto de la aplicación de frecuencias de operación que estarían por encima de las especificadas por el fabricante, o en su defecto, una baja frecuencia de operación que resultaría insuficiente para despachar la totalidad de sólidos desde el subsuelo hacia las líneas de transporte; en este último caso, se corre el riesgo de abandonar un pozo por baja producción, dado que su reactivación podría constituir un procedimiento poco rentable.

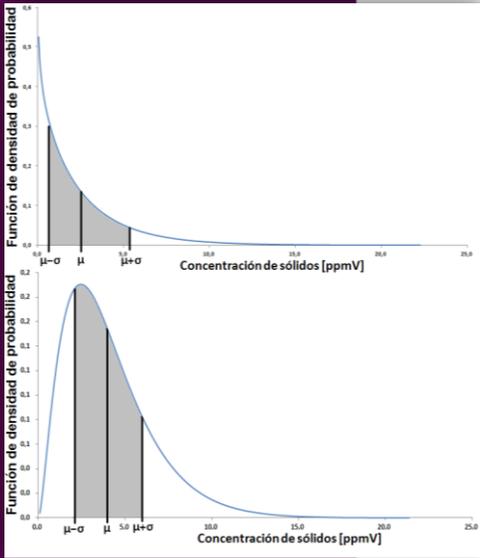
Lo anterior sugiere que las condiciones operacionales en el sistema de levantamiento artificial deben ser tales que la cantidad de sólidos presentes en las líneas de flujo se mantenga regulada dentro de cierto intervalo.

En vista de que diferentes tipos de arenas productoras generan diferentes cantidades de sólidos bajo condiciones similares de operación, es conveniente realizar monitoreos continuo de sólidos en sitios estratégicos, utilizando técnicas ultrasónicas no intrusivas, que detectan y cuantifican la presencia de sólidos dentro de una tubería mediante tratamiento de señales (Figura 1).



**Figura 1.** Proceso de detección y cuantificación de sólidos en línea mediante ultrasonido.

Debido a que la producción de sólidos en un pozo petrolero presenta un comportamiento variable a través del tiempo (como puede observarse del registro mostrado en la Figura 1), es necesario desarrollar métodos que permitan asegurar la confiabilidad de la información y del análisis de la misma. Para tal efecto, la C.I.C. propone el uso de herramientas estadísticas que permitan determinar el grado de incertidumbre y el intervalo de confianza de los datos arrojados por el sistema de detección de sólidos (Figura 2).

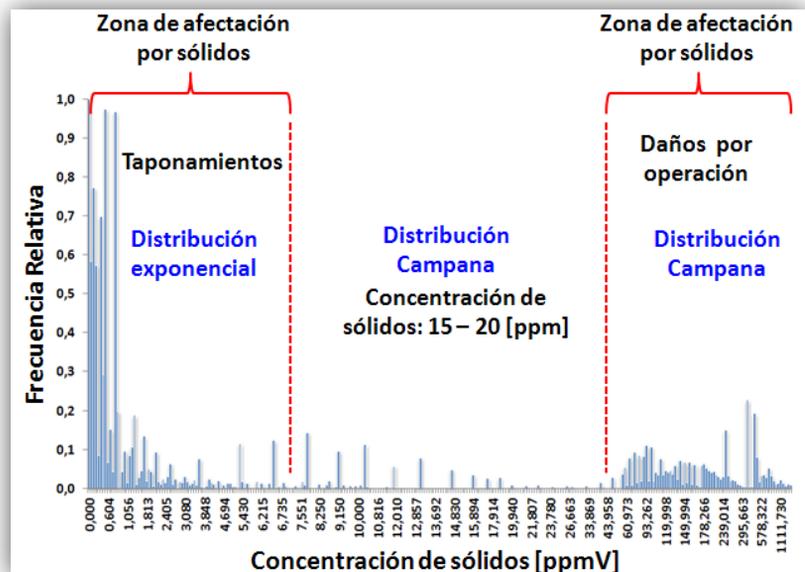


**Figura 2.** Densidad de probabilidad y cálculo del intervalo de confianza (área sombreada bajo la curva) para distribuciones exponenciales (arriba) y de campana (abajo) del conjunto de datos recolectados utilizando técnicas ultrasónicas.

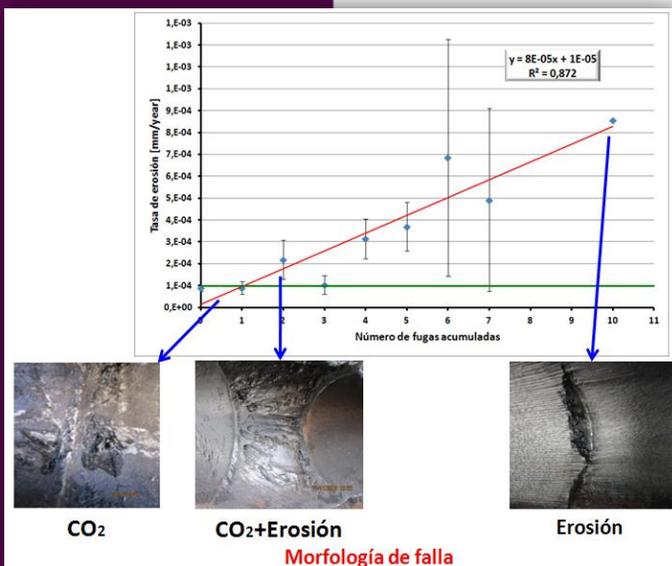
En un proyecto conjunto que utiliza la experiencia de la industria y los recursos de la C.I.C. se ha podido establecer que a partir del valor medio de concentración de sólidos y del patrón de su correspondiente histograma de frecuencias, es posible estimar los riesgos a los que está expuesto el sistema de bombeo electrosumergible (Figura 3); por ejemplo, se ha evidenciado que una distribución de tipo exponencial con bajos valores promedio de concentración sugiere que la bomba electrosumergible sufre taponamiento, mientras que un valor promedio de concentración alto acompañado de distribución de tipo campana puede sugerir daños abrasivos acelerados en los componentes de la bomba que se encuentran en contacto con los fluidos de yacimiento.

De otra parte, mediante el uso de la norma DNV RP-O501 para establecer la tasa de erosión en tramos de tubería recta y la utilización de una regresión lineal que relaciona este último factor con el número de fugas acumuladas que ha presentado el sistema monitoreado, se puede determinar un valor de referencia crítico para cada tipo de material de tubería, a partir del cual los fenómenos erosivos en la pared interna de la tubería se hacen más notorios (Figura 4).

**Figura 3.** Conjunto de histogramas superpuestos en una misma gráfica correspondiente a los pozos cuyas bombas electrosumergibles han presentado fallas por taponamiento o por desgaste abrasivo severo.



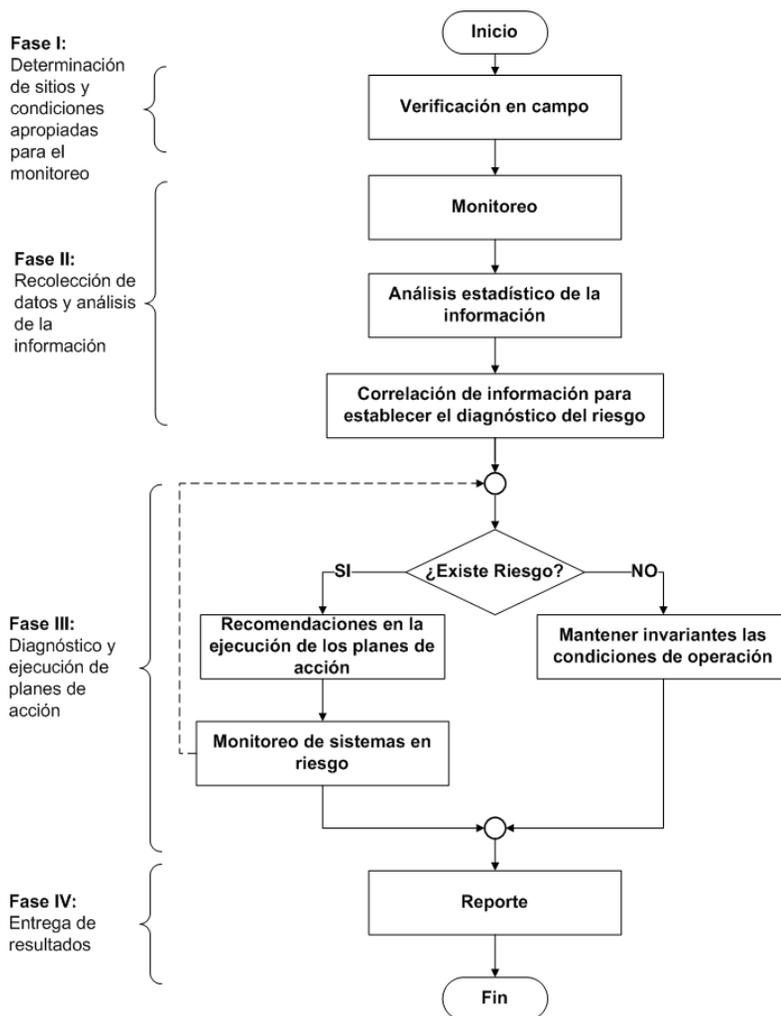
**Figura 3.** Conjunto de histogramas



**Figura 4.** Relación entre el número de fugas acumuladas y la tasa de erosión para tramos rectos. (Cada punto en la gráfica corresponde a un promedio de los sistemas monitoreados). Nótese como las diferentes fugas predichas por el modelo le otorgan validez al mismo mediante la morfología de falla encontrada en los tramos de tubería analizados.

Lo anterior, brinda información útil y valiosa en términos de desgaste por erosión que ayudaría a establecer planes de acción orientados hacia el cuidado de la integridad mecánica de las líneas de flujo.

Con base en estos hechos se considera que a partir del monitoreo de sólidos en línea y el tratamiento estadístico de la información puede darse un diagnóstico ágil y oportuno en temas relacionados con la presencia de sólidos en los equipos críticos tanto de subsuelo como de superficie, el diagrama de flujo que describe este proceso se muestra en la Figura 5.



**Contacto**

Km 2 Vía Refugio - Guatiguará,  
Sede UIS Piedecuesta,  
Santander – Colombia

**Figura 5.** Diagrama de Flujo