



SONARTRAC X ELETROMAGNÉTICO

Princípio de medição

SONARtrac: mede velocidade por correlação/tempo-de-voo de sinais acústicos (sônicos) através da parede do tubo; calcula vazão = velocidade × área.

Eletromagnético: Lei de Faraday; tensão induzida em fluido condutivo que cruza um campo magnético → velocidade média → vazão.

Contato com o processo / desgaste

SONARtrac: não intrusivo (sem partes molhadas); não sofre abrasão, incrustação ou ataque químico.

Eletromagnético: in-line com revestimento (liner) e eletrodos expostos ao fluido → sujeitos a desgaste/erosão, coating e danos de liner, sofre interferências em polpas com concentração elevada de magnetita.

Instalação

SONARtrac: normalmente fornecido com aplicações clamp-on em trechos existentes, sem queda de pressão, sem parada de processo, sem necessidade de mão de obra para guindastes ou pontes rolantes, instalação feita por apenas um técnico.

Eletromagnético: requer spool com flange/união e trechos retos recomendados (tipicamente $\geq 5D$ a montante, $\geq 2D$ a jusante, porém, se houver bombas/joelhos próximos). Queda de pressão praticamente nula (furo cheio), parada de processo dependendo do diâmetro guindaste ou ponte rolante para instalação.

Requisitos do fluido

SONARtrac: independente da condutividade; trabalha com água, polpas densas, abrasivas, pastas e fluido com gás arrastado.

Eletromagnético: exige condutividade mínima ($\approx >5-20 \mu\text{S}/\text{cm}$, conforme fabricante); ar/gás e tubulação parcialmente cheios causam erro/instabilidade.

Bolhas / gás arrastado

SONARtrac: opera bem com bolhas; estima a fração de gás (útil para diagnóstico de cavitação).

Eletromagnético: bolhas passando pelos eletrodos geram ruído/falhas de leitura; recomenda-se montagem que evite bolsões de ar.

Sólidos abrasivos e incrustação

SONARtrac: imune a incrustação, erosão, tamanho de partícula e velocidade.

Eletromagnético: desempenho pode piorar com incrustação nos eletrodos/liner ou desgaste por polpas (ex.: Fe, Cu, fosfatos).

Exatidão e repetibilidade (típico de campo)

SONARtrac: $\pm 0,5$ – $1,0\%$ da vazão, repetibilidade boa, pouco sensível ao perfil de velocidade; depende de diâmetro interno correto usado no cálculo.

Eletromagnético: $\pm 0,2$ – $0,5\%$ da vazão (modelos premium), excelente linearidade quando instalados em condições ideais de trecho reto e calibração periódica, que exige remoção do instrumento para calibração em laboratórios fora das mineradoras.

Faixa de diâmetro/velocidade

SONARtrac: muito usado em grandes diâmetros e linhas espessas; boa faixa de velocidade (baixas a altas), limitado abaixo de 1 m/s sem limitações para velocidades acima, não sofre interferência da pressão na linha.

Eletromagnético: ampla gama de DN 10 a >2000 ; melhor desempenho com velocidades 0,5–5 m/s.

Manutenção / verificação

SONARtrac: baixa manutenção (sem partes molhadas/nem calibração periódica típica); verificação por diagnóstico eletrônico.

Eletromagnético: requer verificação periódica (p.ex., “heartbeat”, zero check), inspeção de eletrodos/liner e do aterramento.

Custo total (CAPEX/OPEX)

SONARtrac: CAPEX geralmente mais alto; OPEX baixo (sem desgaste, sem parada para troca). Excelente quando parada de linha é crítica.

Eletromagnético: CAPEX menor (especialmente em DN médios/pequenos); OPEX pode subir em polpas abrasivas devido aos revestimentos especiais.

Em campo é comum observar a necessidade de verificação do aterramento primordial para o funcionamento do medidor eletromagnético, polpas com alto teor de magnetita podem interferir na medição aumentando o erro do medidor eletromagnético, necessidade de parada de processo gera alto custo podemos calcular uma média de parada com base na produção da planta.

A calibração periódica normalmente não é feita, pois nenhuma mineração costuma retirar da linha para enviar aos laboratórios, por conta dos custos de parada, da equipe para remoção, da instalação de um equipamento reserva ou trecho, e do mesmo processo para a reinstalação.

Em caso de manutenção para verificação dos eletrodos, é necessária a parada do processo, em muitos casos a montagem de andaime, e a provisão de toda a mão de obra necessária, elevando o custo.

Não existe peça de reposição. Em caso de desgaste do revestimento interno, necessário substituição de todo o conjunto.



RHOSONICS X RADIOATIVO

Princípio de medição

Rhosonics (ultrassônico): mede propriedades acústicas da polpa (ex.: velocidade do som/impedância acústica) e, com temperatura e calibração de processo, calcula densidade/percentual de sólidos em tempo real.

Nuclear (gama): mede a atenuação de radiação gama através da tubulação; a contagem recebida é relacionada à densidade aparente da polpa.

Contato com o processo

Rhosonics: Sonda inserida ou em spool com face metálica/cerâmica em contato com a polpa).

Nuclear: não molhado (fonte → tubo → detector por fora do tubo).

Segurança e licenças

Rhosonics: não nuclear → sem licenças radiológicas, sem RSO, sem inspeções CNEN/IAEA, logística simples.

Nuclear: requer licenciamento, procedimentos de segurança, inventário de fontes, treinamentos, transporte especial e auditorias.

Instalação

Rhosonics: precisa de spool, válvula ou clamp-in para inserção; atenção à posição (fluxo representativo).

Nuclear: clamp-on externo (em geral não exige corte de linha), mas pede alinhamento, blindagem e área controlada.

Manutenção e OPEX

Rhosonics: OPEX baixo (sem fonte radioativa); cuidados com limpeza da face se houver incrustação/abrasão e recalibração quando muda a mineralogia.

Nuclear: OPEX mais alto por licenças, verificações periódicas, testes de estanqueidade, gestão de fonte e eventuais recalibrações (decadência/escala na parede).

Influências de processo

- **Bolhas de ar/gás:**

Rhosonics: bolhas dispersam o ultrassom —→ podem instabilizar; ideal reduzir aeração/instalar pós-desgaseificação.

Nuclear: bolhas baixam a densidade aparente —→ leitura cai; também é sensível a ar, mas menos ao cisalhamento.

- **Incrustação interna do tubo:**

Rhosonics: se a incrustação cobrir a **face do sensor**, altera a leitura (requer limpeza).

Nuclear: **qualquer espessamento da parede** muda a atenuação de base —→ precisa **recalibrar**.

- **Granulometria/mineralogia:**

Rhosonics: mudança grande em **compressibilidade/velocidade do som** da mistura pode exigir **nova curva**.

Nuclear: mudança em **composição (Z efetivo)** também altera a atenuação —→ **recalibrar**.

- **Desempenho (campo, de forma geral):**

Rhosonics: muito bom para **linhas de polpa** em usinas; resposta rápida; **excelente para reduzir custo/complexidade** onde nuclear seria “exagero”.

Nuclear: **robusto** em **linhas críticas** (espessadores, rejeitos, drenos de mina) e **grandes diâmetros** quando se quer **medição externa** e **imune ao desgaste**.

- **Custo:**

OPEX: Rhosonics **bem menor** (sem burocracia radiológica).

CAPEX: nuclear costuma ser **mais caro** (fonte + blindagem).



SMARTCYS X MARCY USADAS

Princípio/Formato

SmartCYS: analisador digital com picnômetro 1000 mL e touchscreen; cálculo automático de densidade e % sólidos.

Marcy: balança mecânica com copo 1000 cc e 12 dials; leitura manual.

Faixa/Exatidão

SmartCYS: $\pm 0,1\%$ (concentração); repetibilidade 0,015%; $\sim 100\text{--}4000\text{ kg/m}^3$.

Marcy: sem especificação única; desempenho depende do operador.

Compensações/Checagens

SmartCYS: compensação de temperatura e inclinômetro (nivelamento).

Marcy: sem compensação ou inclinômetro integrados.

Registro/Comunicação

SmartCYS: datalogger com data/hora; integra a LIMS/automação.

Marcy: sem registro nativo; anotações manuais.

Robustez em campo

SmartCYS: invólucro robusto, resistente a jatos/poeira.

Marcy: mecânica simples; sem proteção específica.

Fontes de erro

SmartCYS: minimiza paralaxe e erros de cálculo; picnômetro certificado. Marcy: paralaxe, escolha de dial e volume do copo não calibrado.

Aplicações típicas

SmartCYS: calibração de densímetros on-line e campanhas com rastreabilidade.

Marcy: checagens rápidas em campo/laboratório com baixo custo.

Quando escolher

SmartCYS: padronização, rastreabilidade e menor erro de operador.

Marcy: simplicidade/custo quando controles manuais são aceitáveis.