

FASE LÍQUIDA NO ACUOSA FLNA

Comportamiento y Estrategia de Remedación

Michael Kohnke e Sanjay Garg
Shell Global Solutions (US) Inc.

Septiembre 2014

DEFINICIÓN & NOTA DE ADVERTENCIA

- Reserves: Our use of the term “reserves” in this presentation means SEC proved oil and gas reserves.
- Resources: Our use of the term “resources” in this presentation includes quantities of oil and gas not yet classified as SEC proved oil and gas reserves. Resources are consistent with the Society of Petroleum Engineers 2P and 2C definitions.
- Organic: Our use of the term Organic includes SEC proved oil and gas reserves excluding changes resulting from acquisitions, divestments and year-average pricing impact.
- Resources plays: our use of the term ‘resources plays’ refers to tight, shale and coal bed methane oil and gas acreage.
- The companies in which Royal Dutch Shell plc directly and indirectly owns investments are separate entities. In this presentation “Shell”, “Shell group” and “Royal Dutch Shell” are sometimes used for convenience where references are made to Royal Dutch Shell plc and its subsidiaries in general. Likewise, the words “we”, “us” and “our” are also used to refer to subsidiaries in general or to those who work for them. These expressions are also used where no useful purpose is served by identifying the particular company or companies. “Subsidiaries”, “Shell subsidiaries” and “Shell companies” as used in this presentation refer to companies in which Royal Dutch Shell either directly or indirectly has control, by having either a majority of the voting rights or the right to exercise a controlling influence. The companies in which Shell has significant influence but not control are referred to as “associated companies” or “associates” and companies in which Shell has joint control are referred to as “jointly controlled entities”. In this presentation, associates and jointly controlled entities are also referred to as “equity-accounted investments”. The term “Shell interest” is used for convenience to indicate the direct and/or indirect ownership interest held by Shell in a venture, partnership or company, after exclusion of all third-party interest.
- This presentation contains forward-looking statements concerning the financial condition, results of operations and businesses of Royal Dutch Shell. All statements other than statements of historical fact are, or may be deemed to be, forward-looking statements. Forward-looking statements are statements of future expectations that are based on management’s current expectations and assumptions and involve known and unknown risks and uncertainties that could cause actual results, performance or events to differ materially from those expressed or implied in these statements. Forward-looking statements include, among other things, statements concerning the potential exposure of Royal Dutch Shell to market risks and statements expressing management’s expectations, beliefs, estimates, forecasts, projections and assumptions. These forward-looking statements are identified by their use of terms and phrases such as “anticipate”, “believe”, “could”, “estimate”, “expect”, “intend”, “may”, “plan”, “objectives”, “outlook”, “probably”, “project”, “will”, “seek”, “target”, “risks”, “goals”, “should” and similar terms and phrases. There are a number of factors that could affect the future operations of Royal Dutch Shell and could cause those results to differ materially from those expressed in the forward-looking statements included in this presentation, including (without limitation): (a) price fluctuations in crude oil and natural gas; (b) changes in demand for Shell’s products; (c) currency fluctuations; (d) drilling and production results; (e) reserves estimates; (f) loss of market share and industry competition; (g) environmental and physical risks; (h) risks associated with the identification of suitable potential acquisition properties and targets, and successful negotiation and completion of such transactions; (i) the risk of doing business in developing countries and countries subject to international sanctions; (j) legislative, fiscal and regulatory developments including potential litigation and regulatory measures as a result of climate changes; (k) economic and financial market conditions in various countries and regions; (l) political risks, including the risks of expropriation and renegotiation of the terms of contracts with governmental entities, delays or advancements in the approval of projects and delays in the reimbursement for shared costs; and (m) changes in trading conditions. All forward-looking statements contained in this presentation are expressly qualified in their entirety by the cautionary statements contained or referred to in this section. Readers should not place undue reliance on forward-looking statements. Additional factors that may affect future results are contained in Royal Dutch Shell’s 20-F for the year ended 31 December, 2013 (available at www.shell.com/investor and www.sec.gov). These factors also should be considered by the reader. Each forward-looking statement speaks only as of the date of this presentation, 13 March, 2014. Neither Royal Dutch Shell nor any of its subsidiaries undertake any obligation to publicly update or revise any forward-looking statement as a result of new information, future events or other information. In light of these risks, results could differ materially from those stated, implied or inferred from the forward-looking statements contained in this presentation. There can be no assurance that dividend payments will match or exceed those set out in this presentation in the future, or that they will be made at all.
- We use certain terms in this presentation, such as discovery potential, that the United States Securities and Exchange Commission (SEC) guidelines strictly prohibit us from including in filings with the SEC. U.S. Investors are urged to consider closely the disclosure in our Form 20-F, File No 1-32575, available on the SEC website www.sec.gov. You can also obtain this form from the SEC by calling 1-800-SEC-0330.

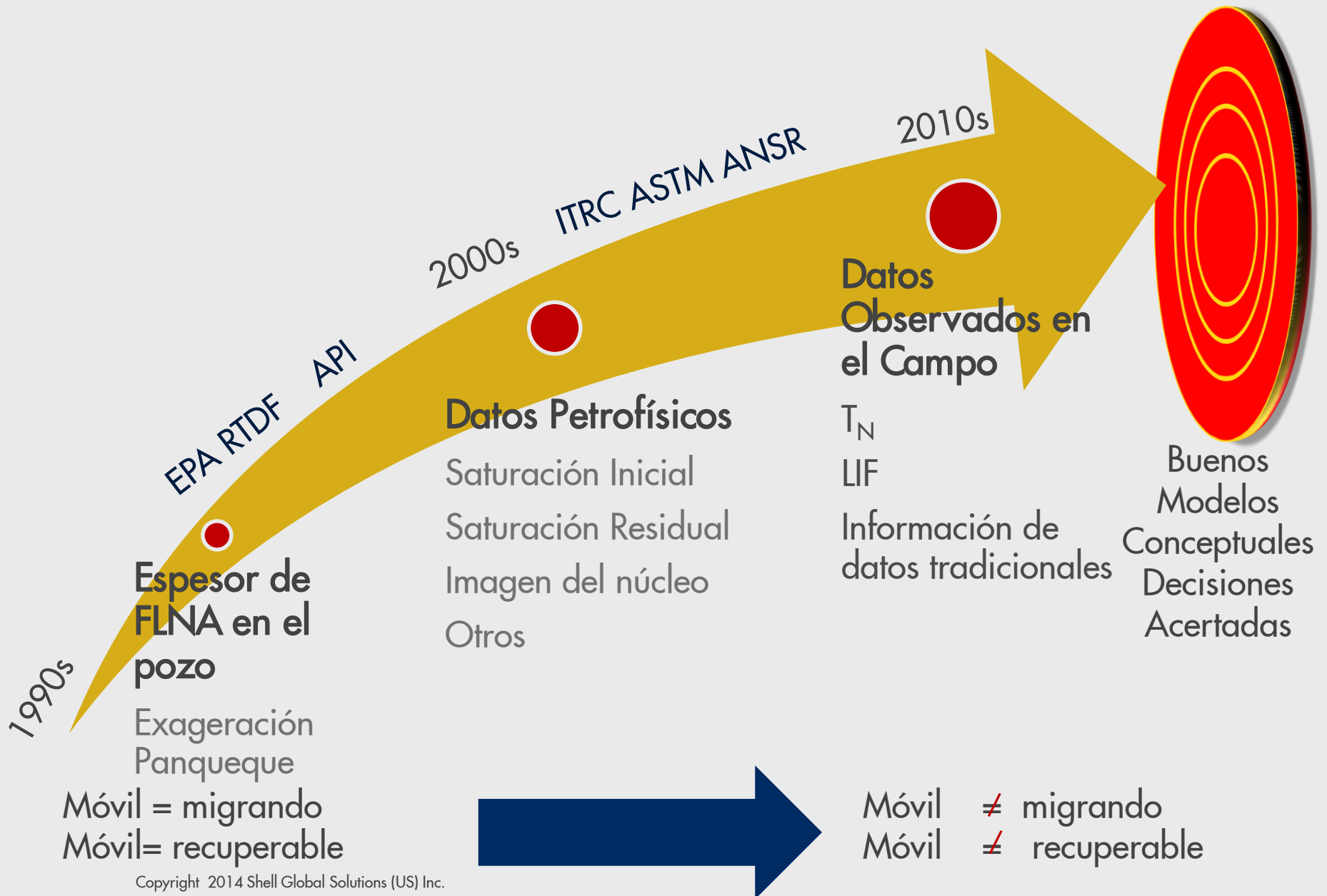
CONTENIDO

1. Mensajes Claves
2. Comportamiento de la FLNA
3. FLNA y Riesgo
4. Migración de la FLNA
5. Transmisividad y Aspectos de la Recuperación de la FLNA
6. Ensayos y Metodologías de Recuperación de la FLNA
7. Estrategia de Remediación de la FLNA
8. Conclusiones

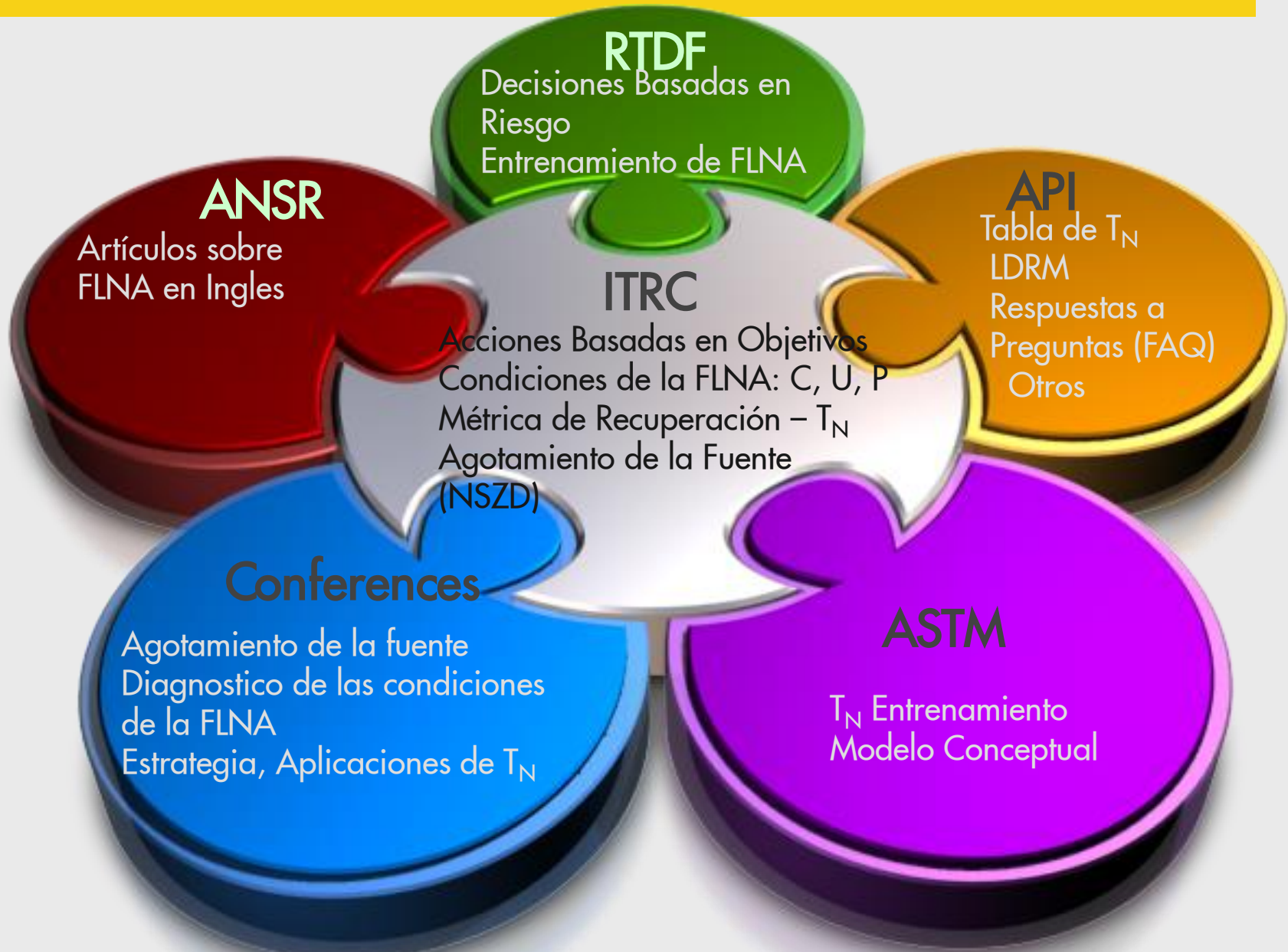
1.0

MENSAJES CLAVES

EVOLUCIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LA FLNA



RECURSOS TÉCNICOS



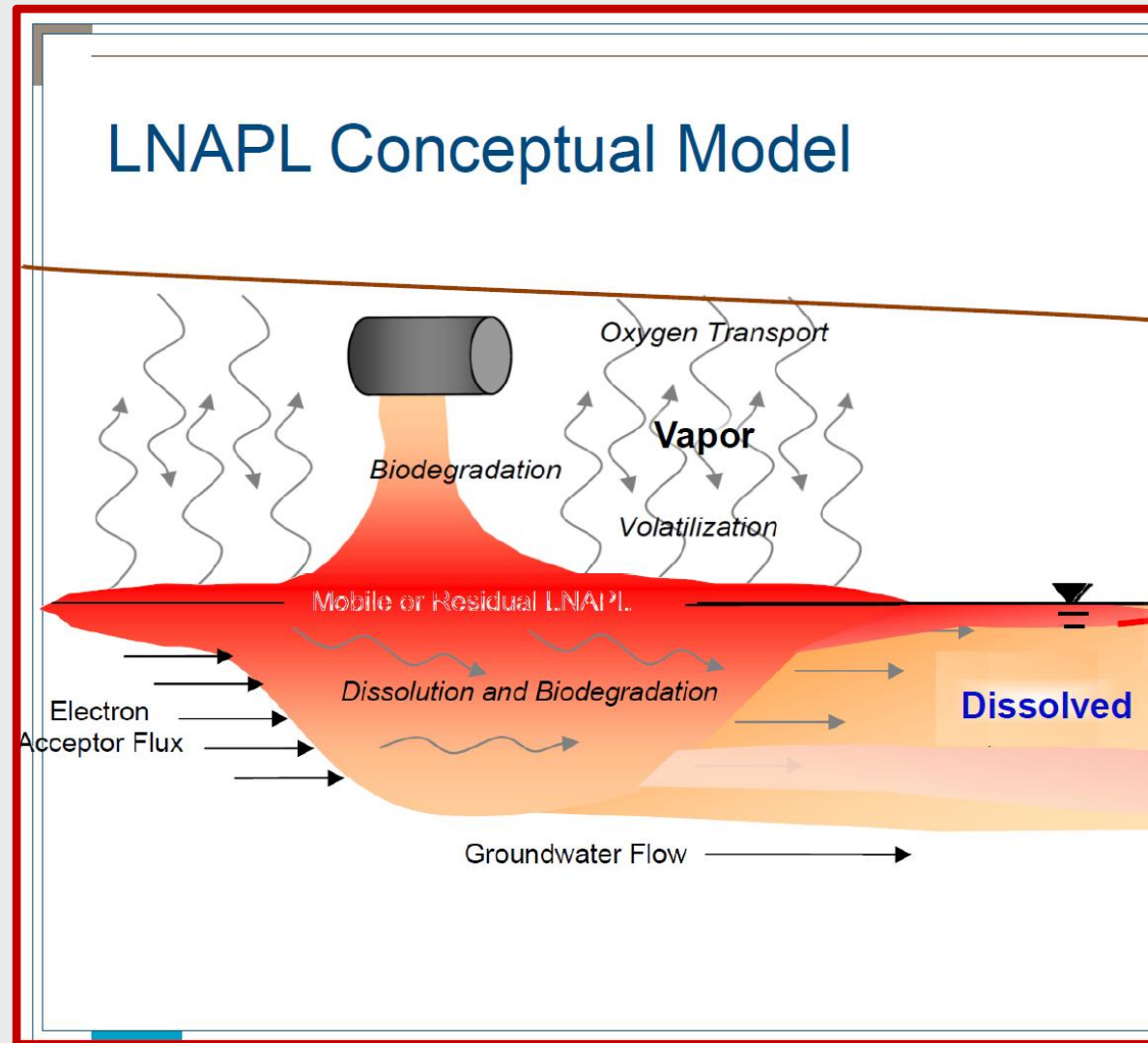
MENSAJES CLAVES

- Distribución vertical de la FLNA
 - No es un panqueque
- Recuperación de FLNA
 - No toda FLNA puede ser recuperada
- Riesgos de la FLNA
 - migración y toxicidad
- Migración de FLNA
 - por lo general FLNA no está migrando
- Decisiones de Remediación Acertadas
 - Herramienta correcta para el trabajo
 - Objetivos de saturación o composición con métricas apropiadas

2.0

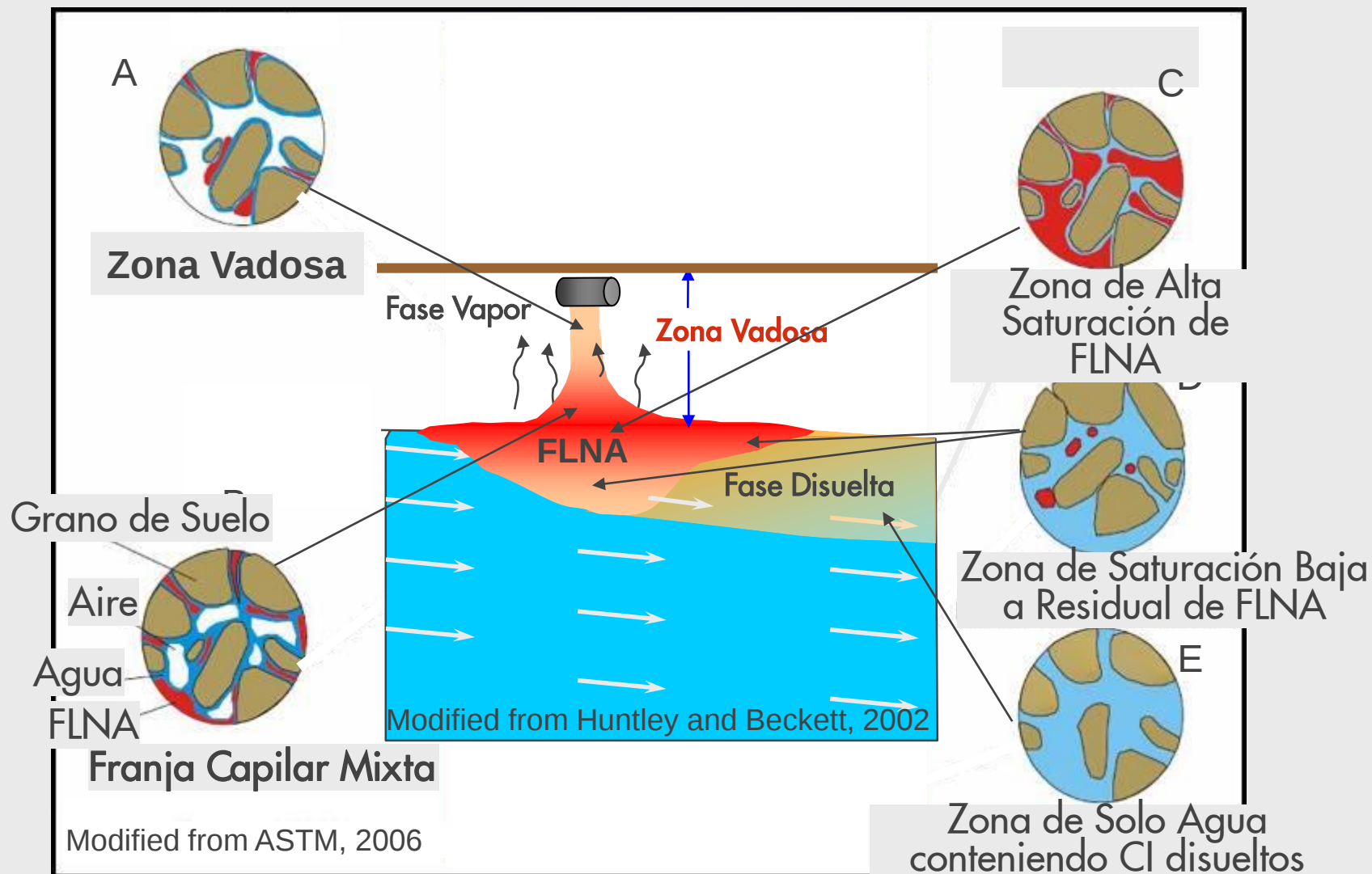
COMPORTAMIENTO DE LA FLNA

CONCEPTUALIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA FLNA

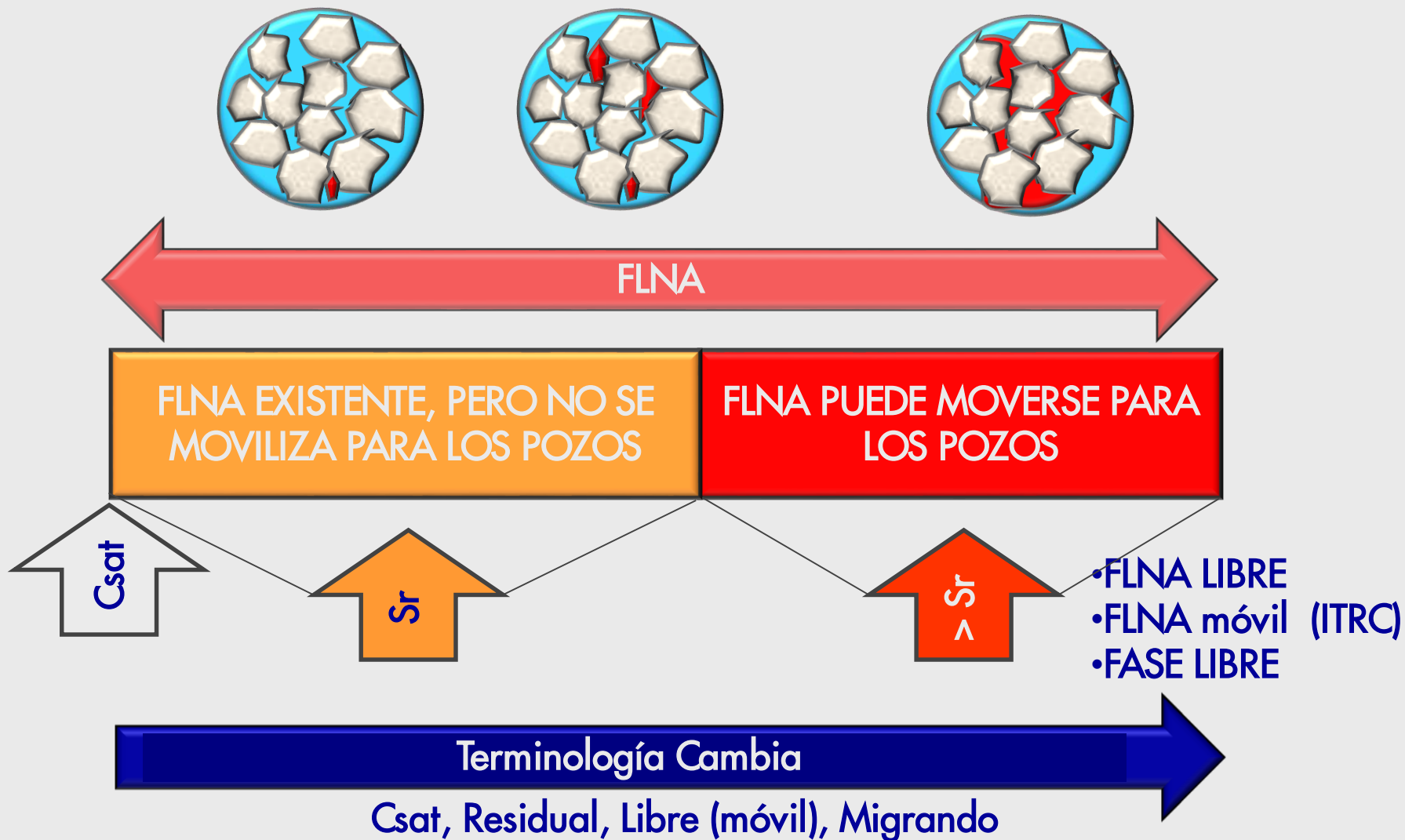


ASTM 2011 - Guide for Estimation of LNAPL Transmissivity (E2856-13)

DISTRIBUCIÓN DE LA FLNA A NIVEL DEL PORO



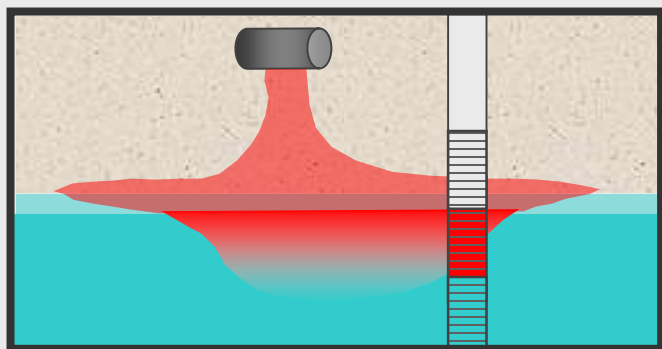
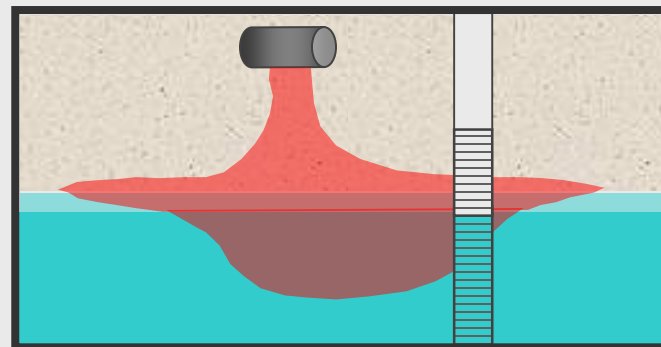
SATURACIÓN DE LA FLNA / TERMINOLOGÍA



FLNA Y FLNA LIBRE (FASE LIBRE)

Si se identifica afectación en agua subterránea, vapores o suelo, es muy probable que exista FLNA en el subsuelo.

- La misma podrá, o no, moverse hasta un pozo de monitoreo.
- Metodologías tradicionales de destino y transporte comúnmente son aceptables cuando FLNA no se encuentra en el pozo de monitoreo.

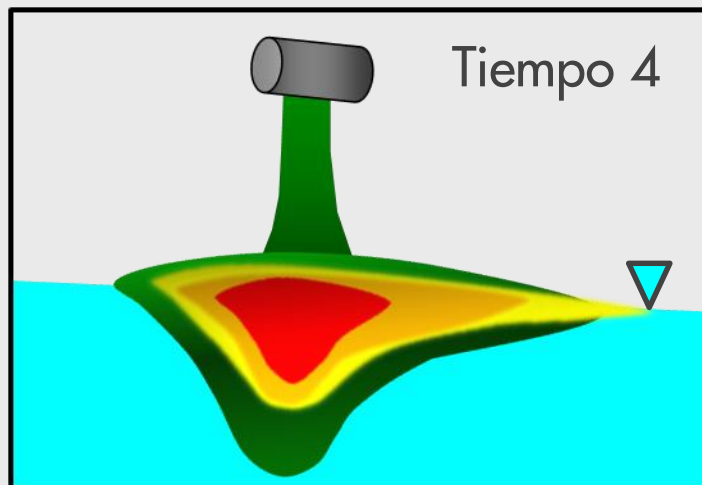
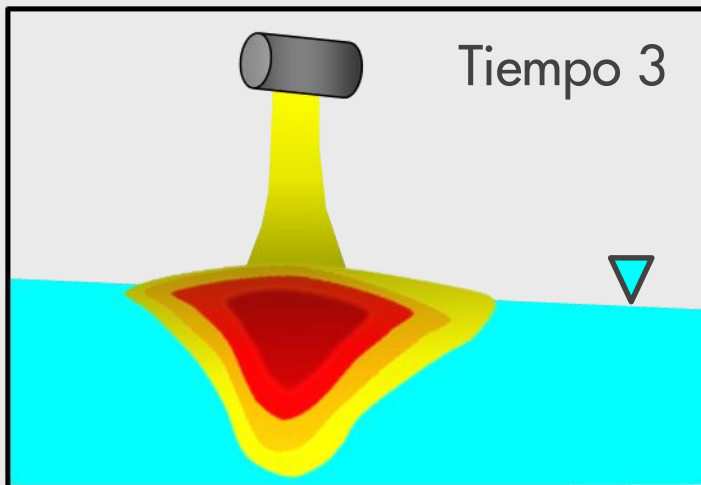
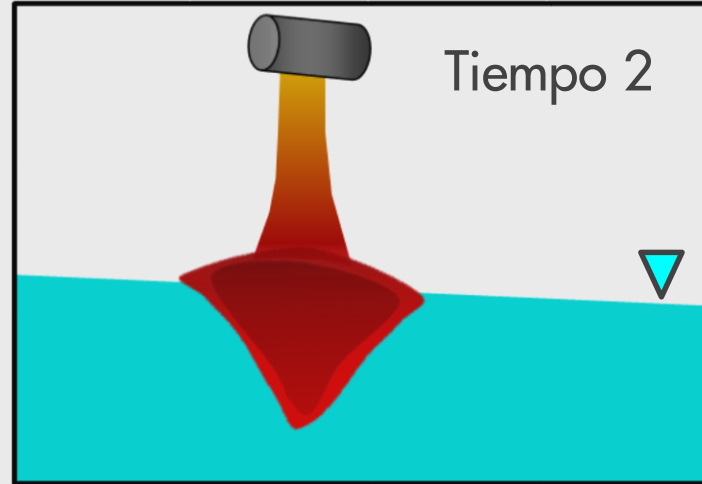
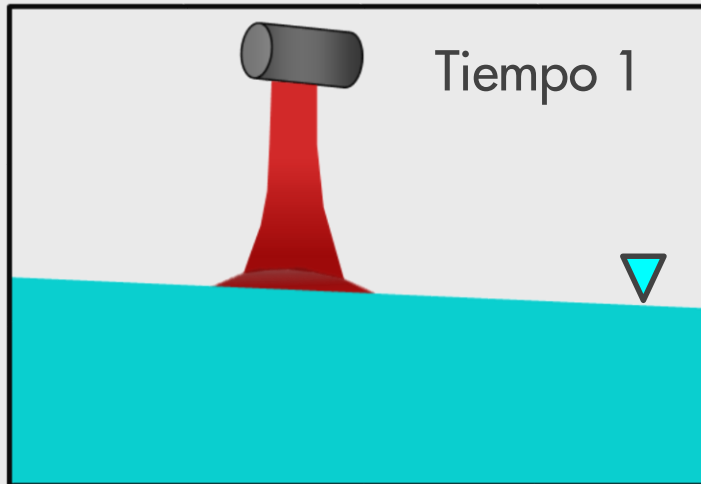


Qué es diferente cuando FLNA fluye dentro del pozo?

- Más poros estarán ocupados por FLNA
- Cómo eso afecta el agua subterránea y el vapor?
- Cuáles son los otros riesgos?
- Cómo cambian los riesgos después que la FLNA es removida del pozo?

Serie Temporal: Saturación de la FLNA

Sección Transversal



Saturación de FLNA

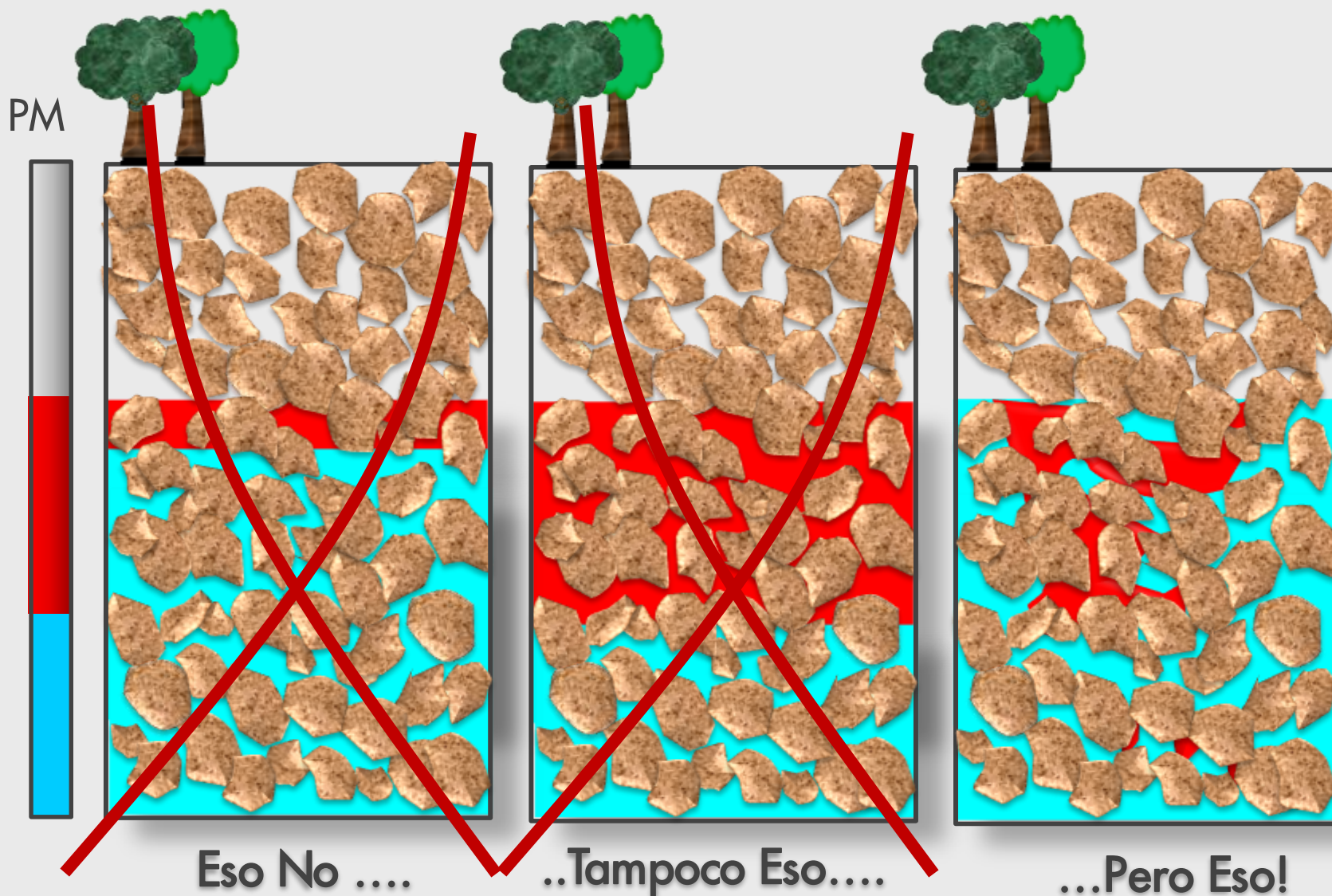


Alta

Baja

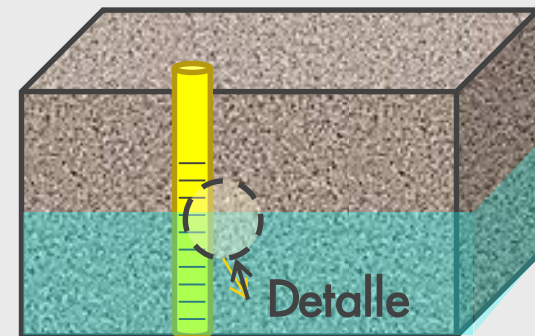
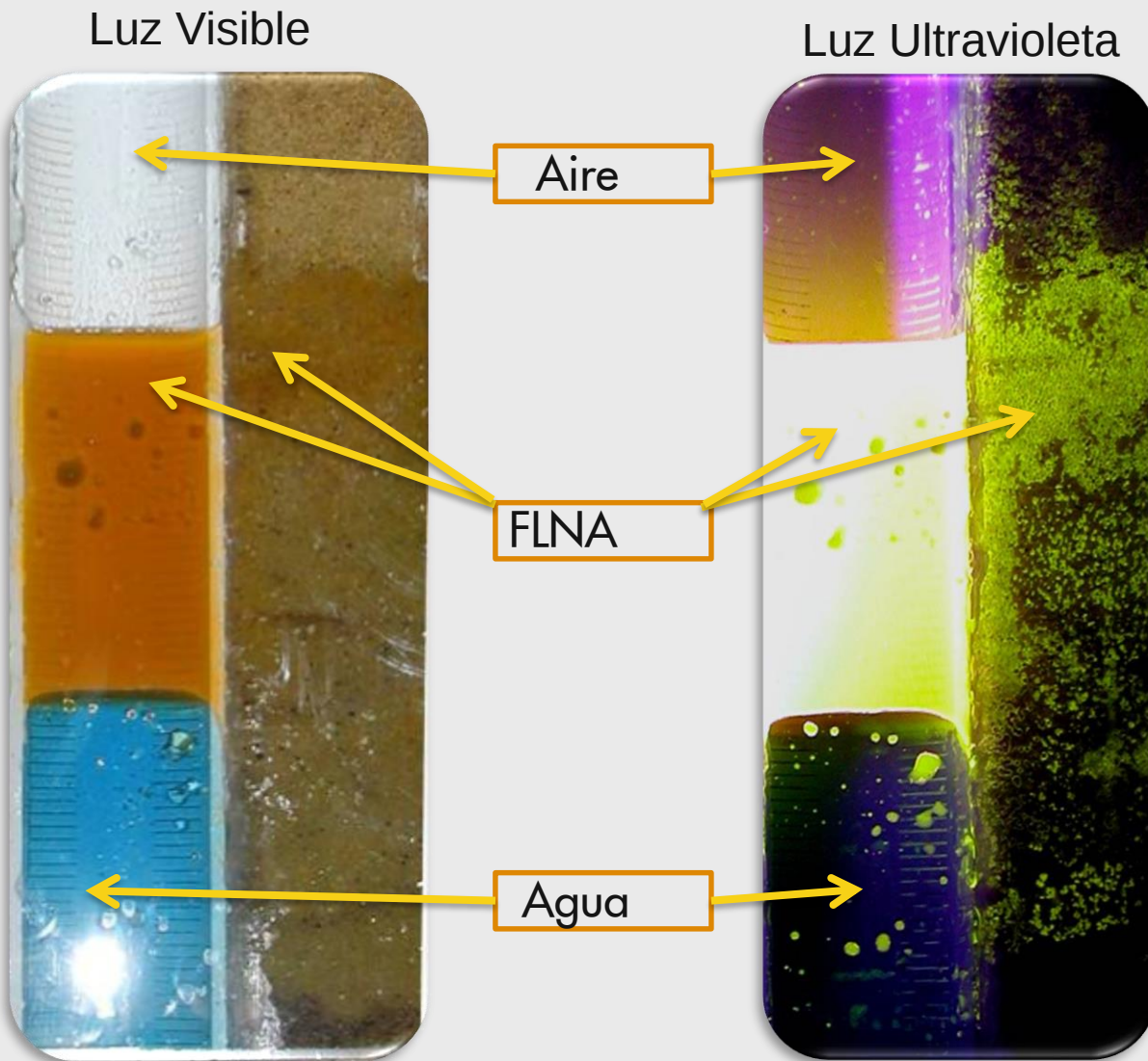
DISTRIBUCIÓN DE LA FLNA EN LA FORMACIÓN

FLNA se encuentra debajo del nivel de agua y la saturación varía

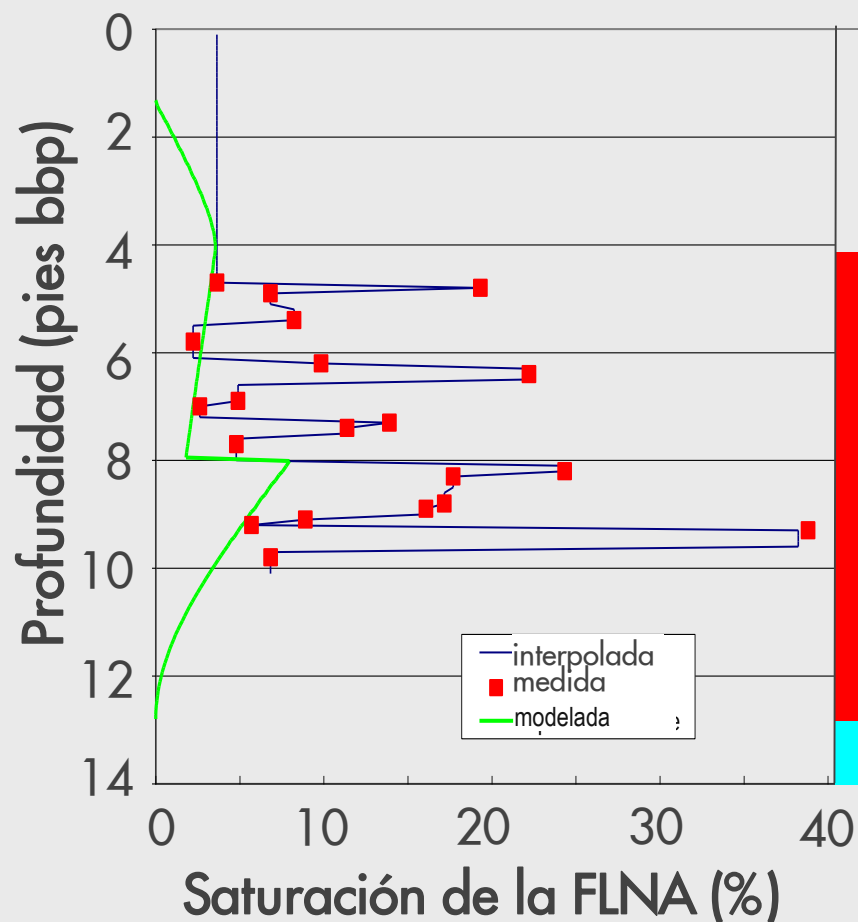


FLNA EN EL POZO Y COMO SE MIRA EN EL SUBSUELO (CON DIFERENTE ILUMINACIÓN)

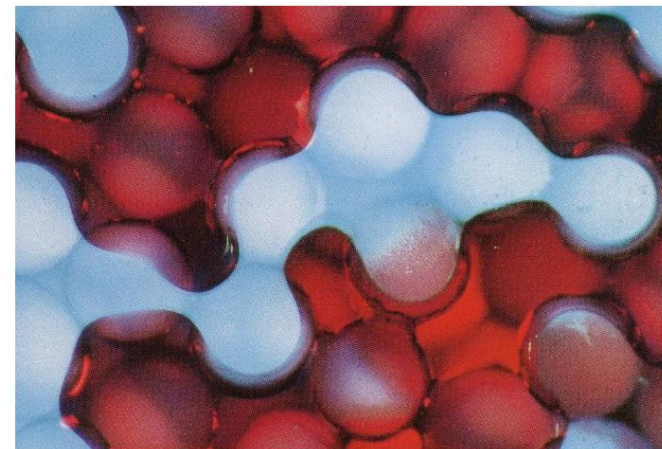
COMPORTAMIENTO DE LA FLNA



SATURACIONES DE EQUILIBRIO - MEDIDAS Y MODELADAS



Distinct Interface between NAPL and Water



From Schuille (1988)

Mensaje Clave

No todos los poros están
llenos de FLNA

LA SATURACIÓN ES FUNCIÓN DE LA PRESIÓN CAPILAR

Para un determinado tipo de suelo:

Arena Limosa

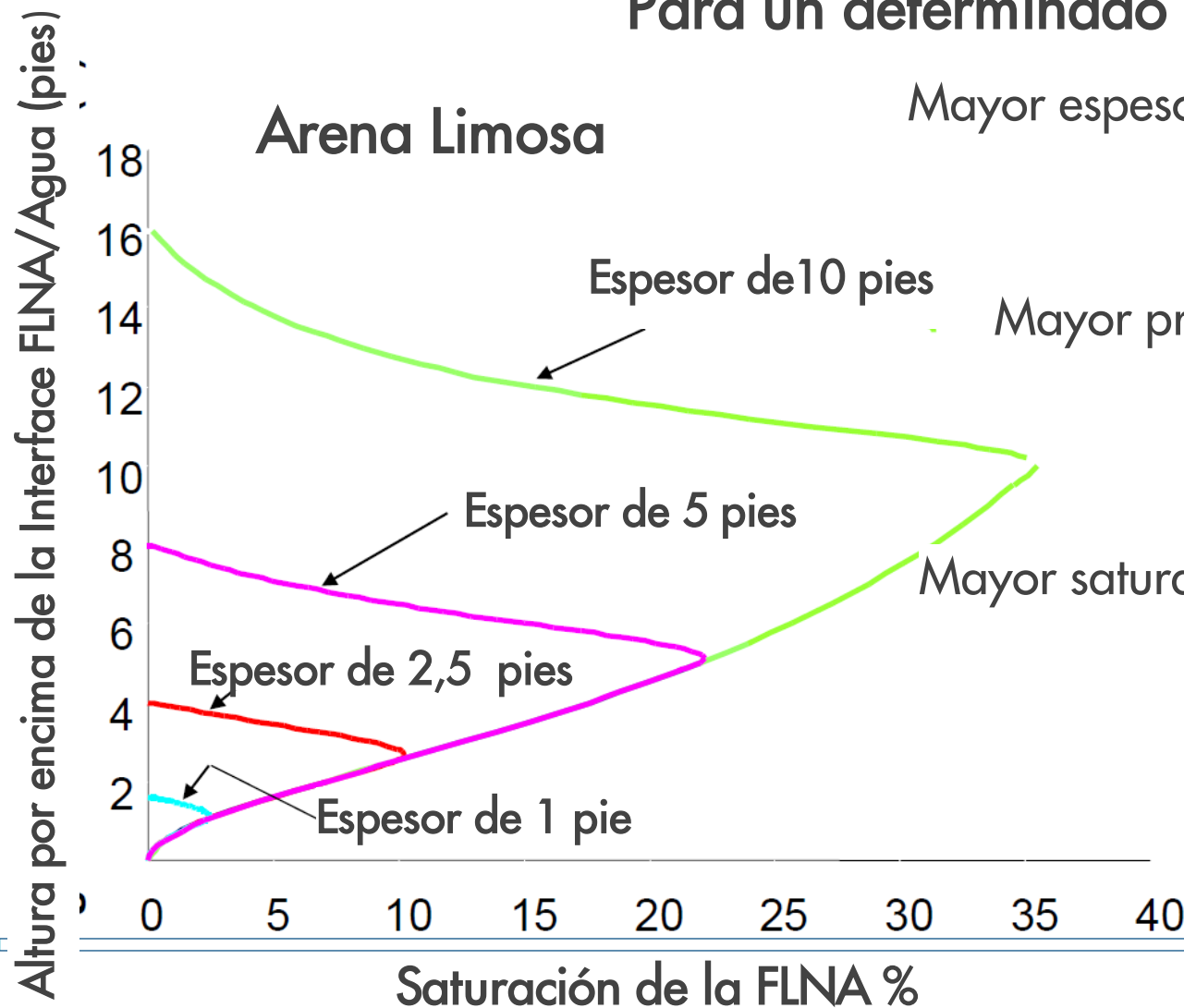
Mayor espesor en un pozo



Mayor presión capilar



Mayor saturación de la FLNA

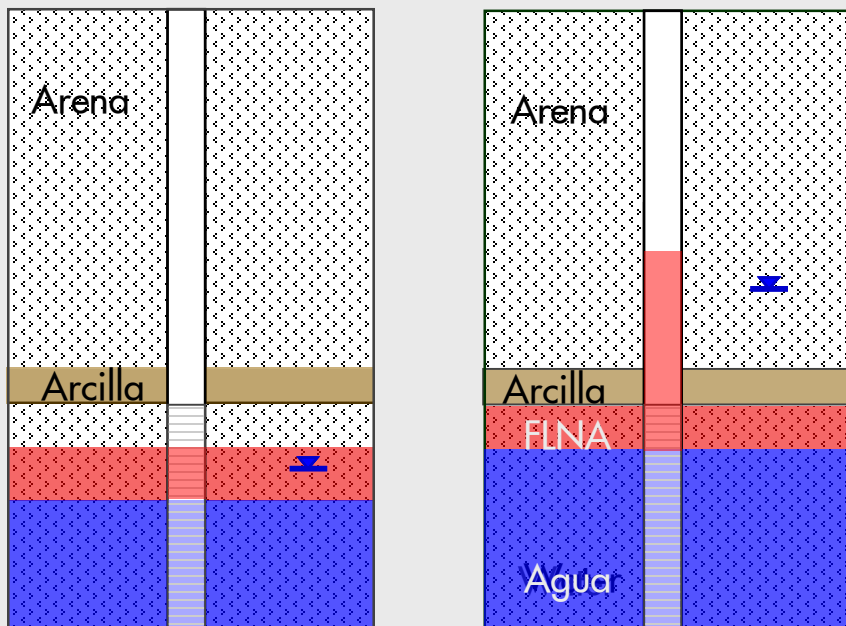


ASTM 2011 - Guide for Estimation of LNAPL Transmissivity (E2856-13)

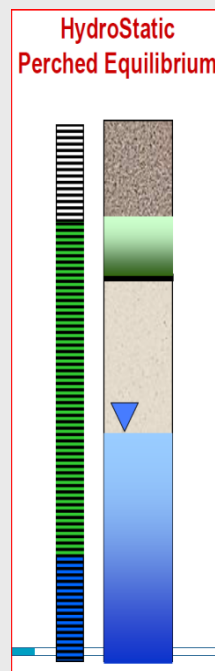
FLNA NO CONFINADA Y CONFINADA

ESPESOR EN EL POZO AUMENTA CON EL AUMENTO DEL NIVEL DE AGUA

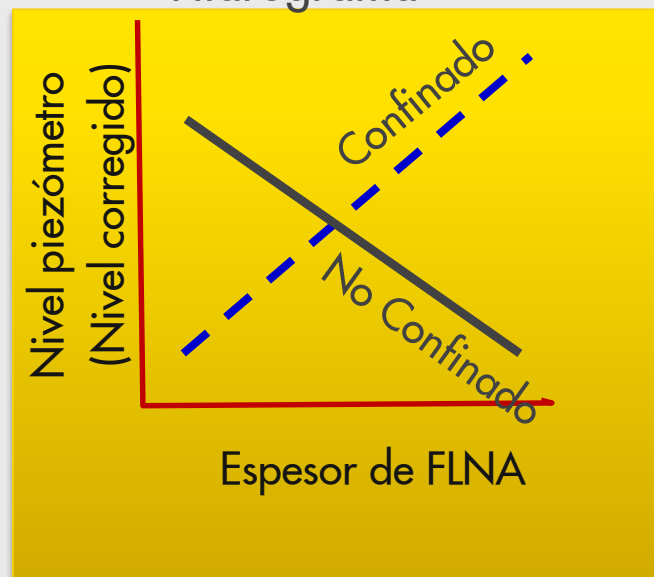
Condiciones no Confinadas Condiciones Confinadas



FLNA Agua



Hidrograma

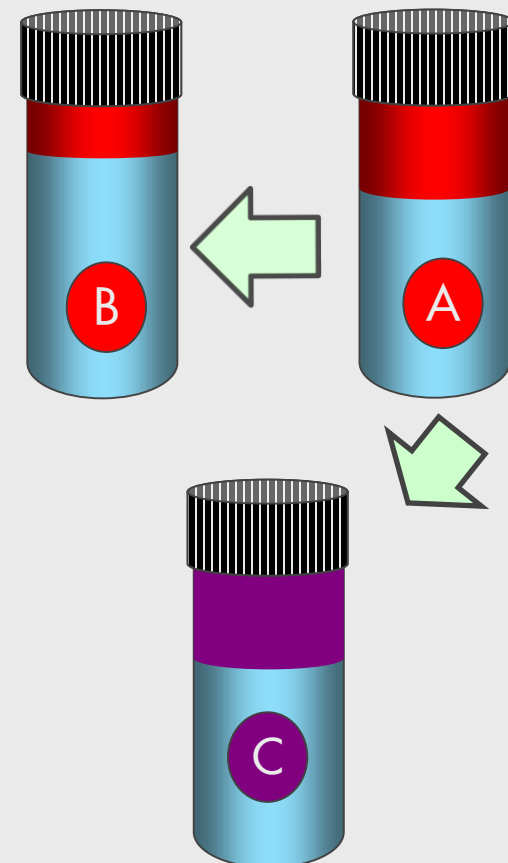
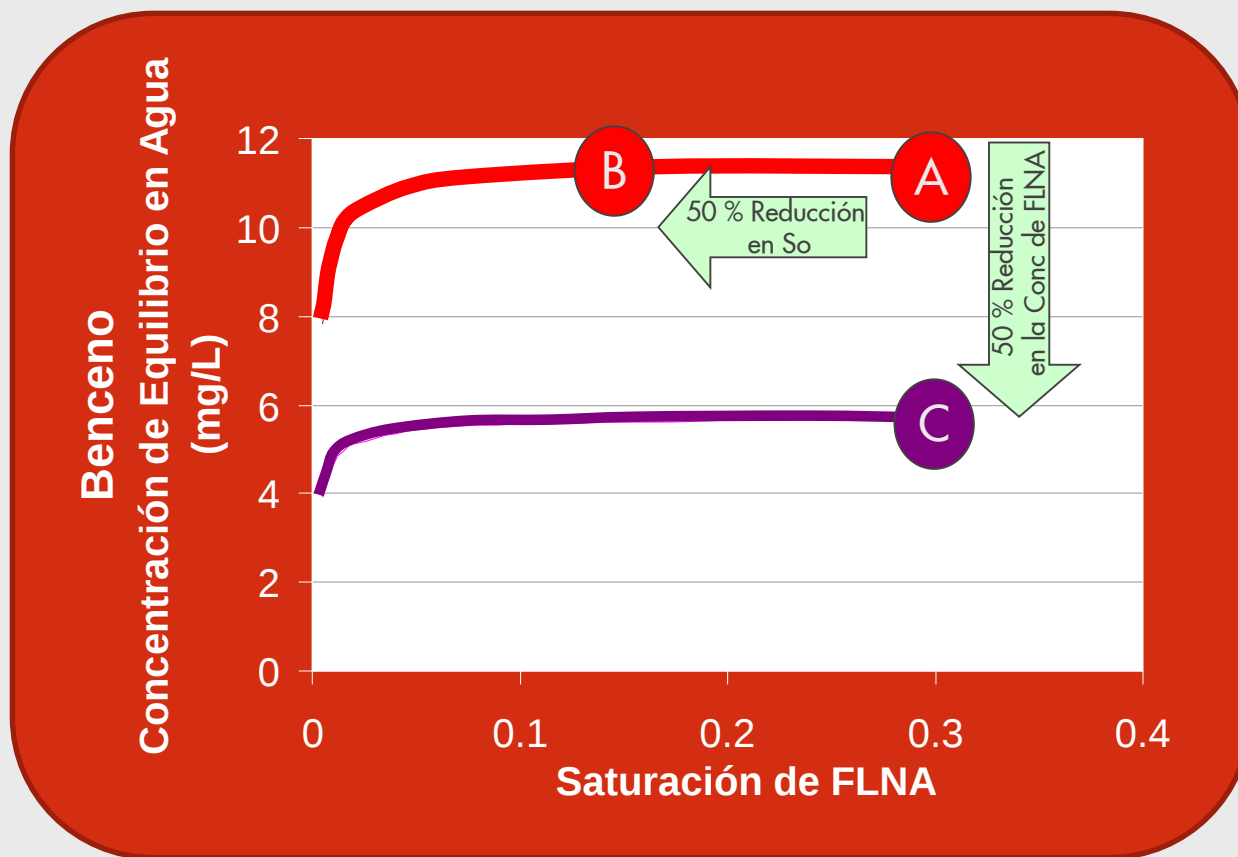


3.0

FLNA Y RIESGO

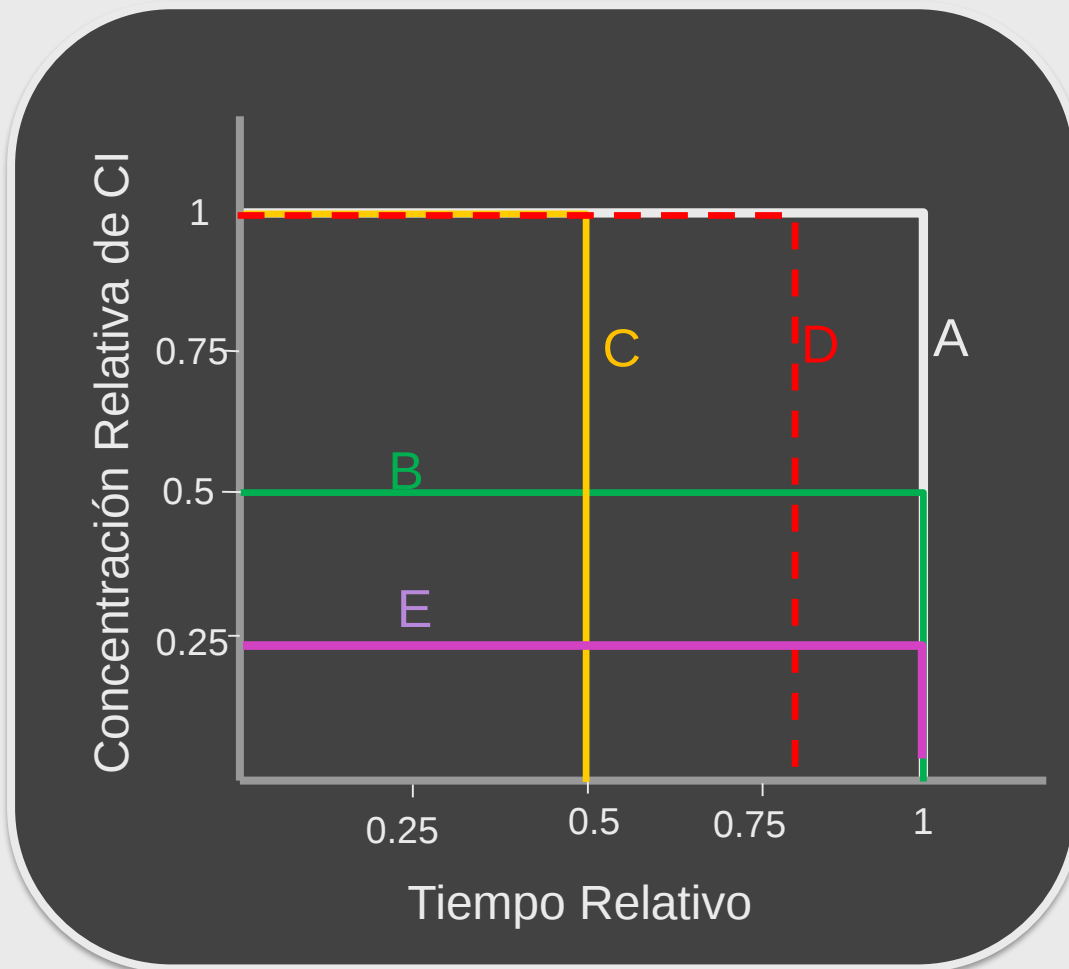
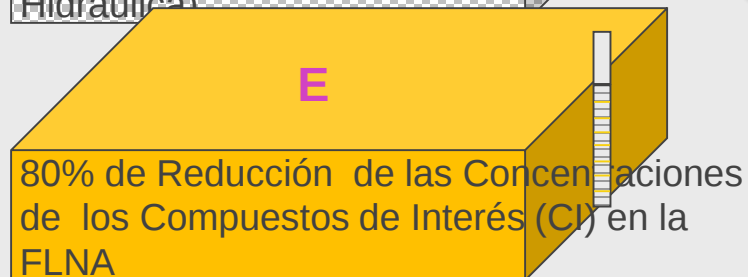
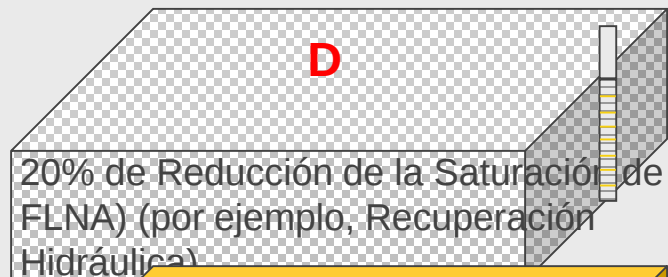
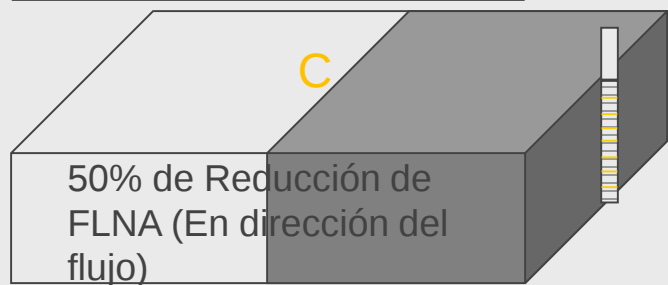
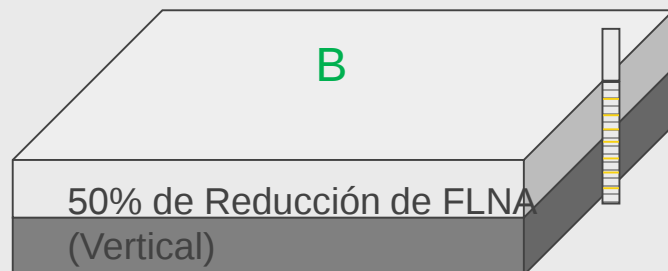
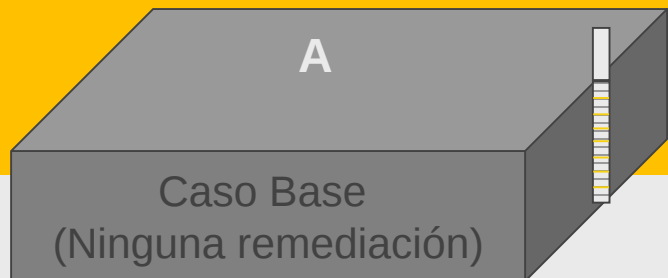
FLNA Y FASE DISUELTA

LEY DE RAOULT – SOLUBILIDAD EFECTIVA

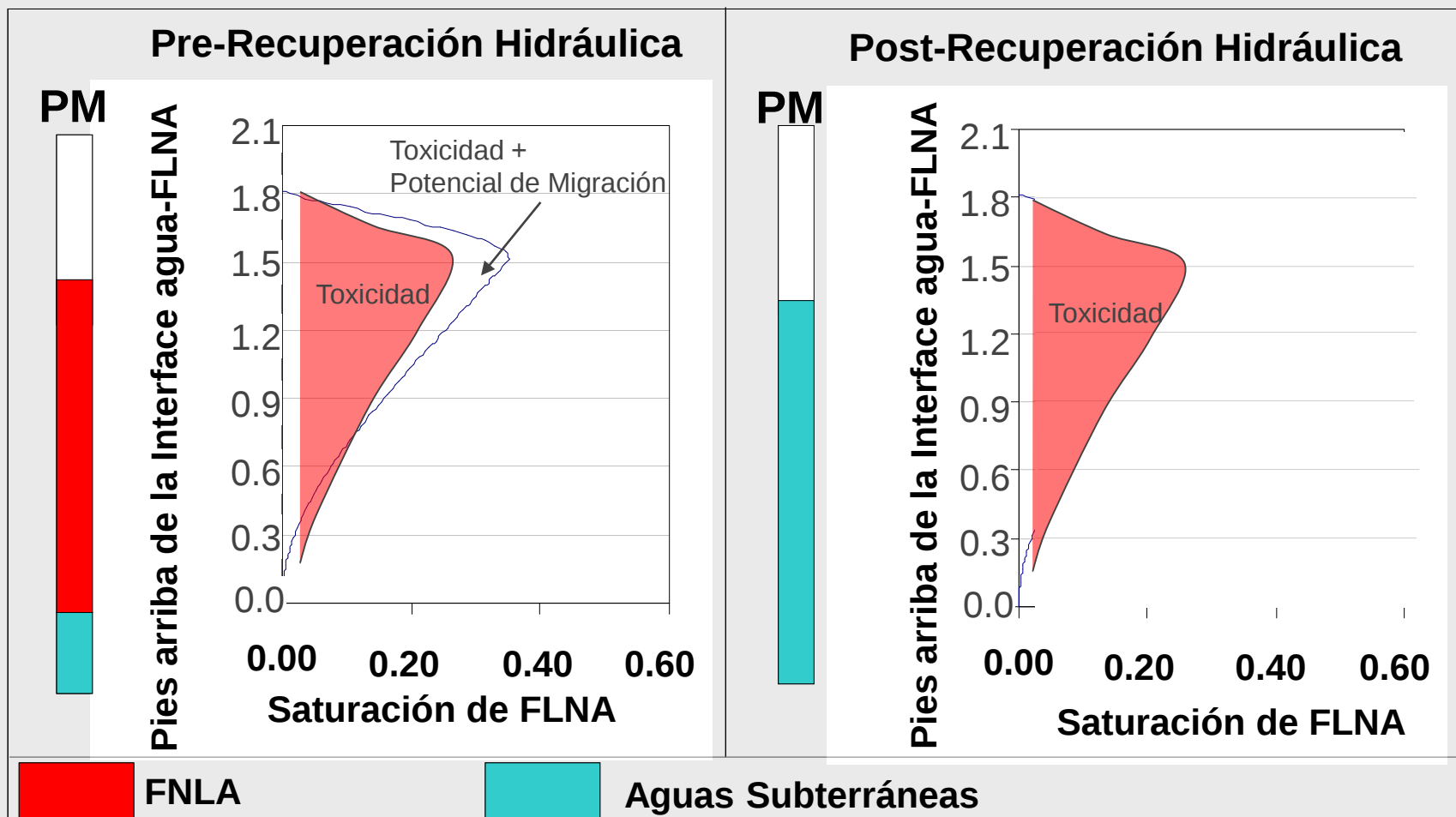


Mensaje Clave: Una reducción de la saturación de la FLNA no resulta en una reducción de la concentración del compuesto en el agua subterránea.
Un cambio de la composición de la FLNA resulta en un cambio en la concentración del compuesto en el agua.

REDUCCIÓN DE MASA VS. CAMBIO DE COMPOSICIÓN

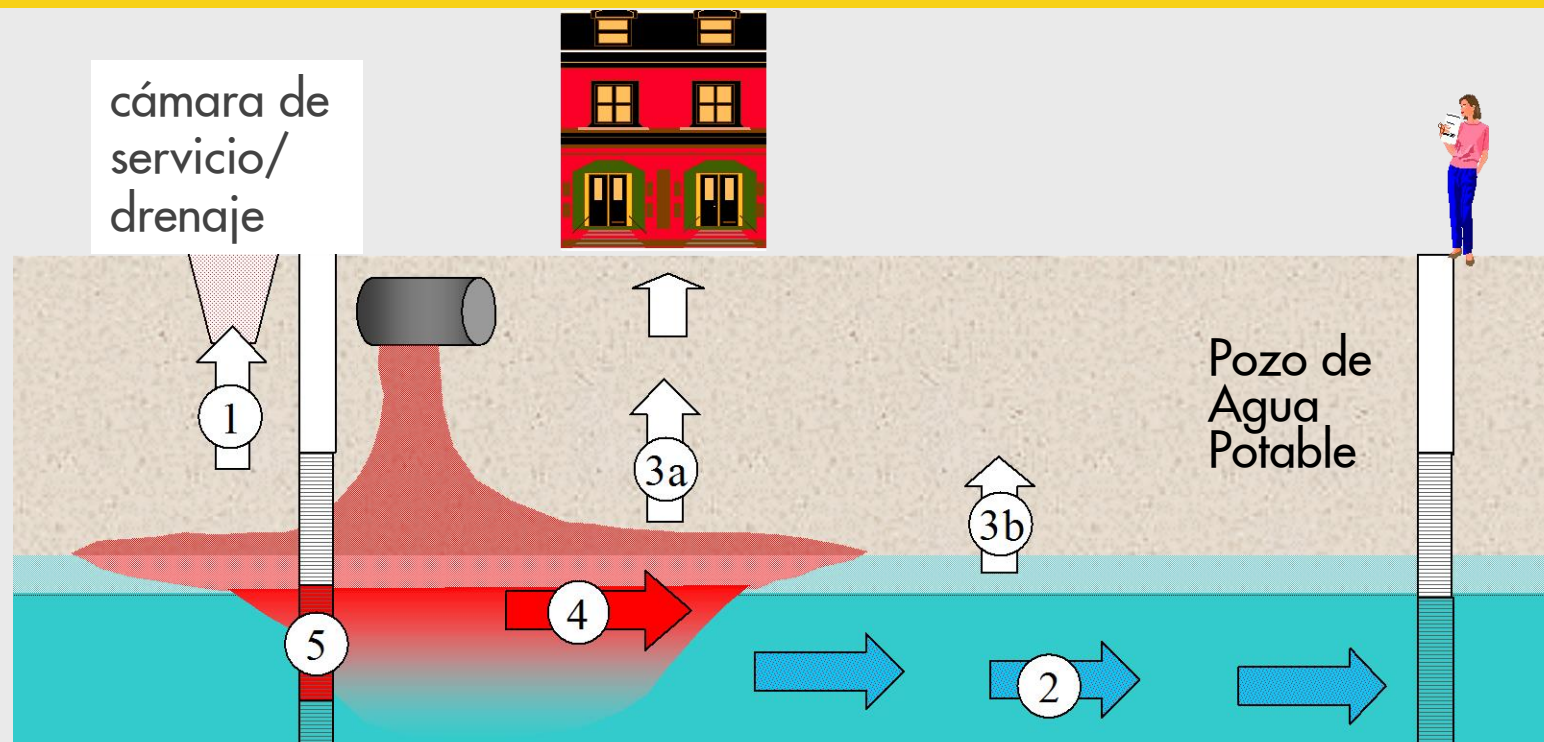


RECUPERACIÓN DE FLNA Y RIESGO



Mensaje Clave: La reducción de la saturación de la FLNA reduce el potencial de migración de la FLNA, pero no resuelve el aspecto de su toxicidad.

QUÉ CAMBIA CUANDO LA FLNA MIGRA A UN POZO?



Consideraciones de Emergencia cuando FLNA está en el suelo.

- ① Acumulación de vapores en espacios confinados causando condiciones explosivas.
no mostrado – Migración directa de la FLNA para aguas superficiales.
no mostrado - Migración directa de la FLNA a cámaras subterráneas.

Consideraciones de Riesgo cuando FLNA está en el suelo.

- ② Aguas Subterráneas (fase disuelta)
- ③a FLNA para vapor
- ③b Aguas Subterráneas para vapor
no mostrado – **contacto directo con la piel**

Consideraciones adicionales cuando FLNA esta en pozos.

- ④ Migración potencial de la FLNA
- ⑤ FLNA en el pozo (estética, reputación, aspectos legales)

4.0

MIGRACIÓN Y ESTABILIDAD DE LA FLNA

FLNA MIGRANDO VS. FLNA LIBRE (MÓVIL) – EJEMPLO DEL CAFÉ

Escenario:

Derrame de café sobre la alfombra.

Hechos:

- El café se dispersa y luego se detiene.
- El café se puede limpiar pero la mancha en la alfombra queda.
- La alfombra continúa mojada después de ser limpiada.

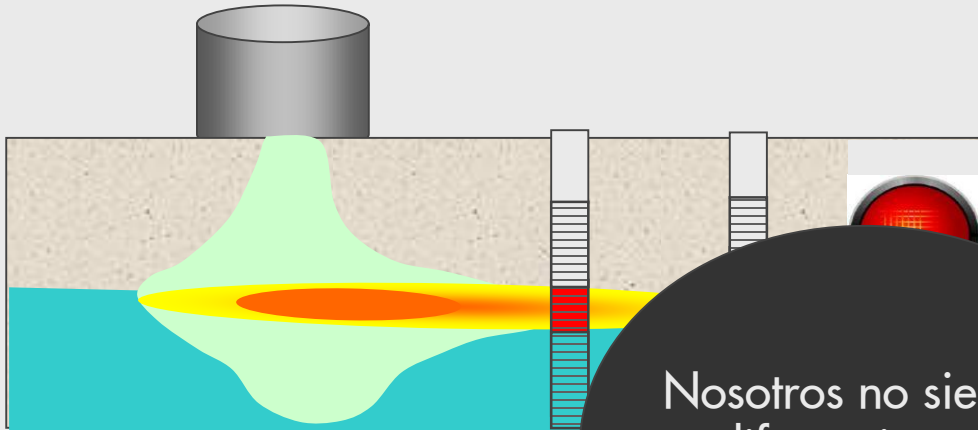
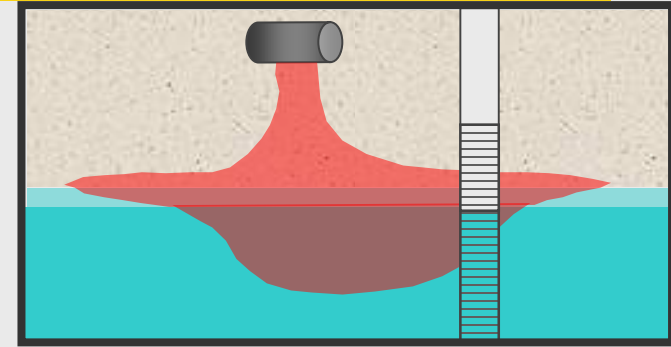


Lo que aprendemos:

- El café puede estar libre (o móvil) y no estar migrando mas.
- Mientras estaba migrando se estaba expandiendo.
- Una cantidad residual de café permanece en la alfombra después de haberse limpiado.

TRES ESCENARIOS

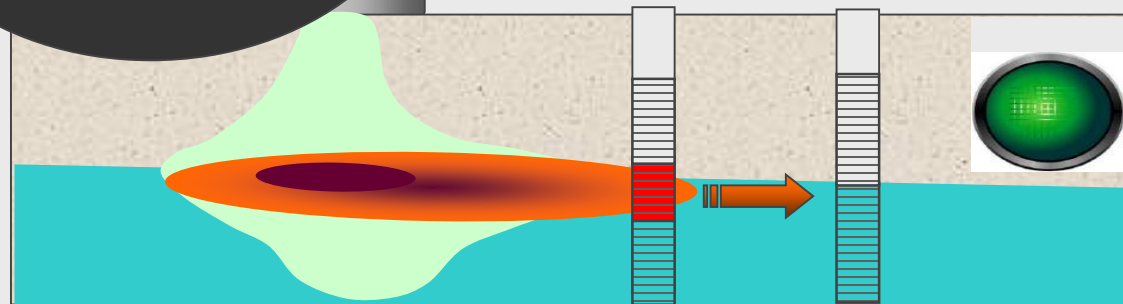
1. No hay FLNA en los pozos
 - Cálculos de destino y de transporte tradicionales funcionan bien.



2. Hay FLNA en los pozos y está estable.

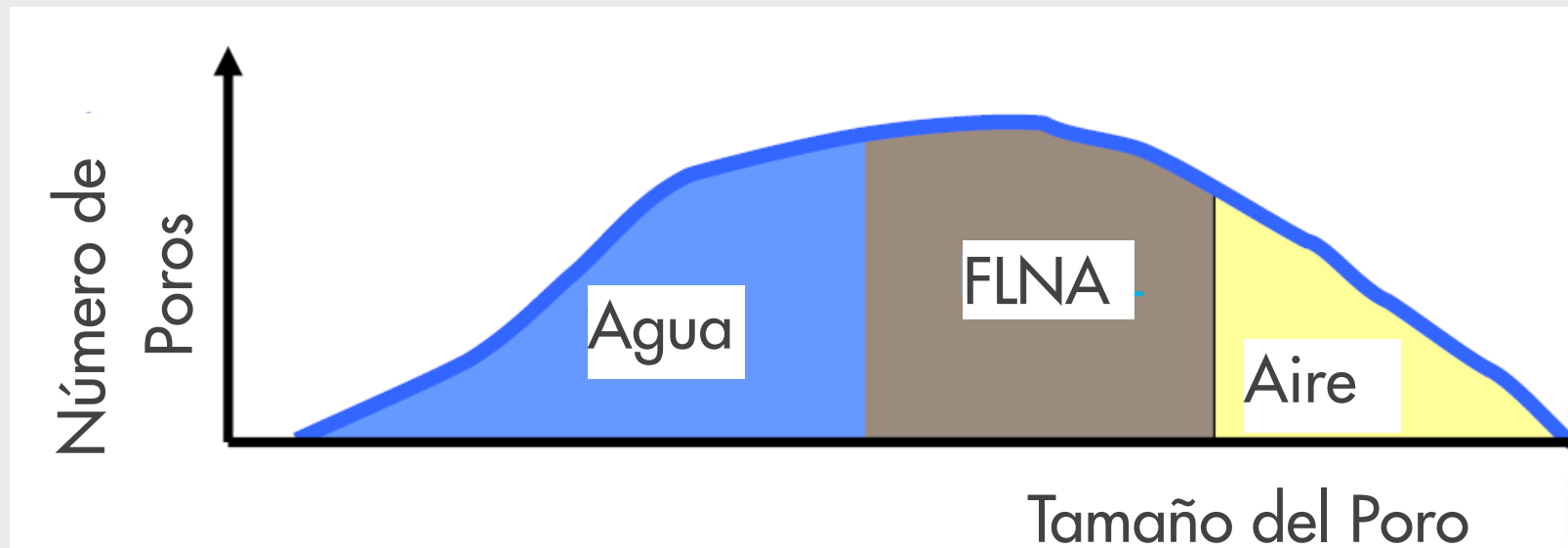
Nosotros no siempre diferenciamos entre los casos 2 y 3.

3. Hay FLNA en los pozos y está migrando.



MOJABILIDAD

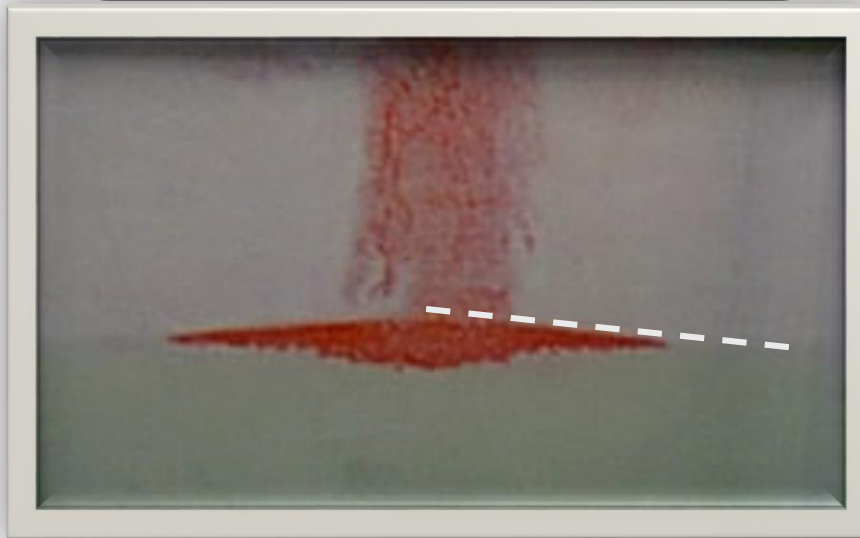
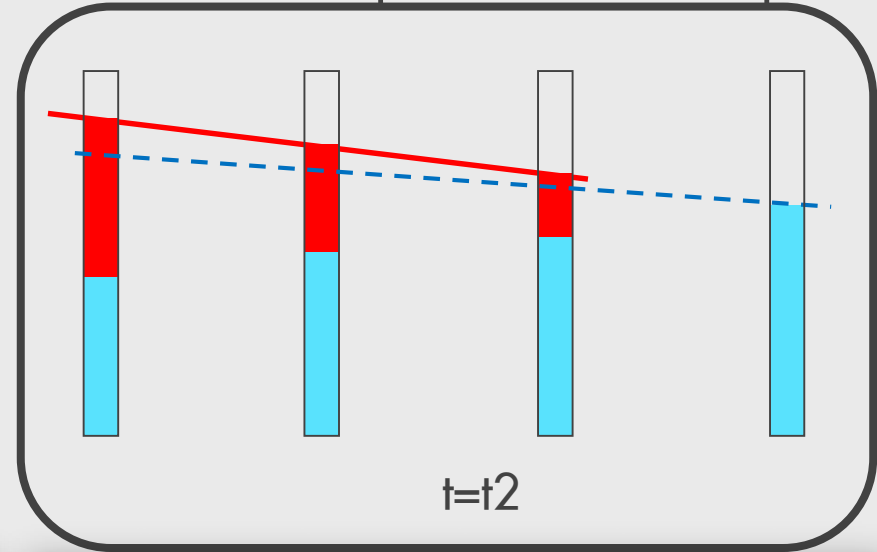
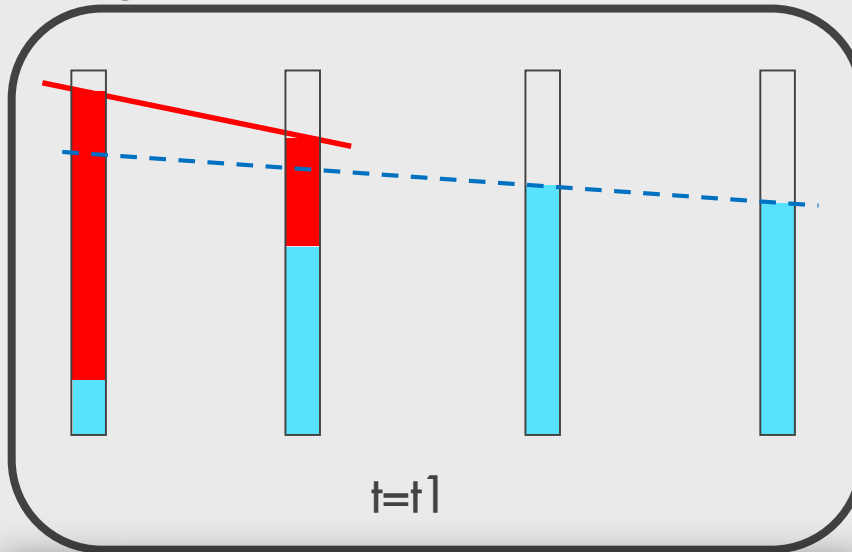
- Tensiones de interfase (energías) incluidas aquellas entre fluido y suelo determinan las características de mojabilidad
- Secuencia usual de mojabilidad: Agua > FLNA > Aire



ASTM 2011 - Guide for Estimation of LNAPL Transmissivity (E2856-13)

LEY DE DARCY PARA LA FLNA : GRADIENTE DE LA FLNA

El gradiente de la FLNA de un derrame acotado se aplanan con el tiempo.

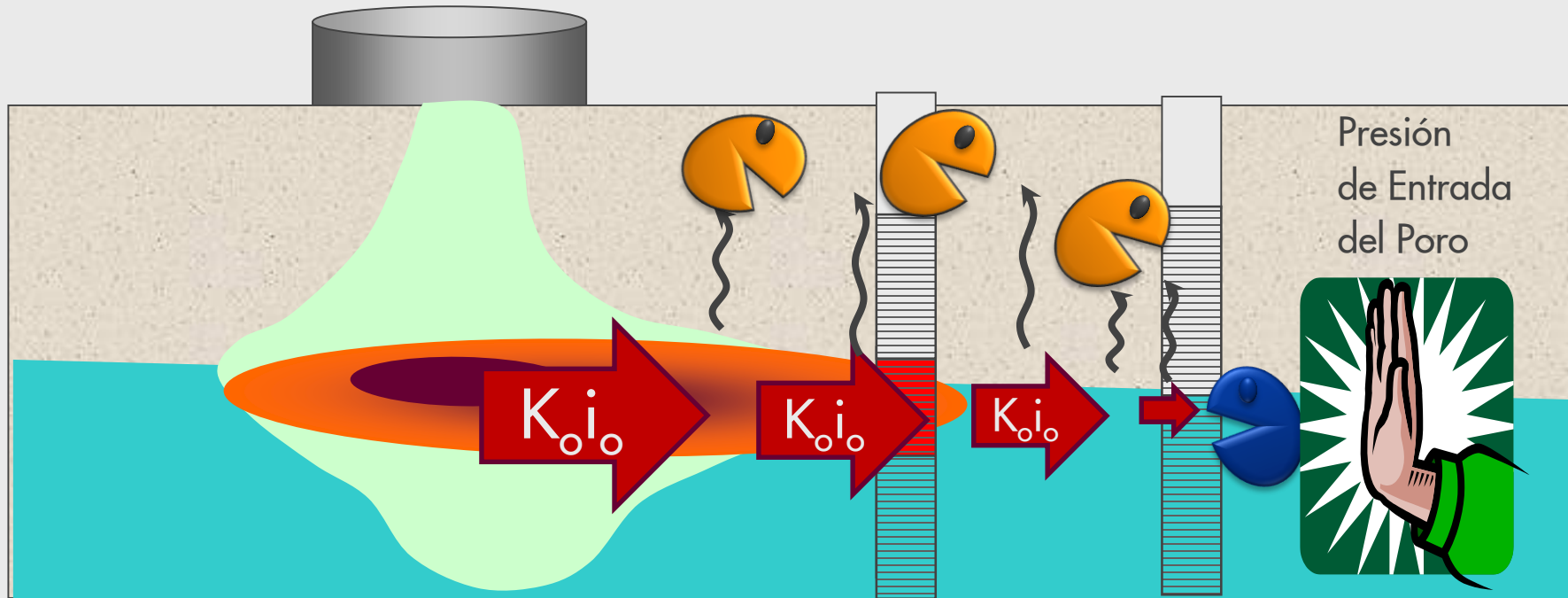


Photographias Cortesia de Cristin Bruce

Mensaje Clave: La migración de FLNA de un derrame finito es un proceso auto-delimitante.

LAS PLUMAS DE FLNA SE ESTABILIZAN RÁPIDAMENTE

Migración de la FLNA



Punto Clave

La expansión de la FLNA se detiene debido a:

- Disminución de K_o & i_o .
- Agotamiento natural de la zona fuente.
- Presión de entrada del poro.

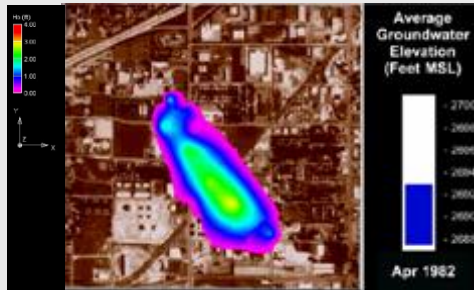
Tasa de Agotamiento típica:

- 0,1 a 1 litro por año por m^2

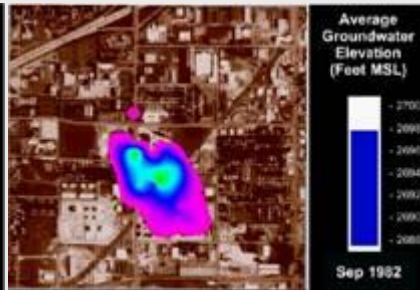
K = conductividad hidráulica
 i : gradiente

VARIACIÓN DE LA FLNA EN EL TIEMPO – REFINERÍA

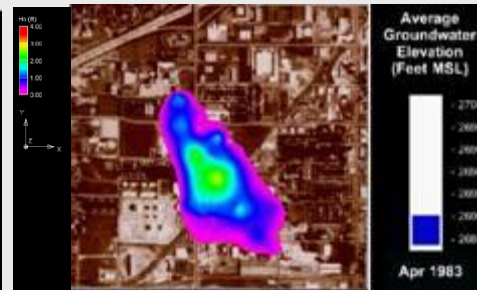
Nivel Agua Bajo



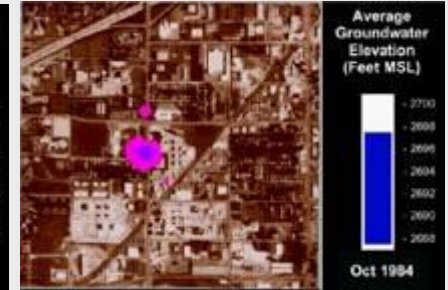
Nivel Agua Alto



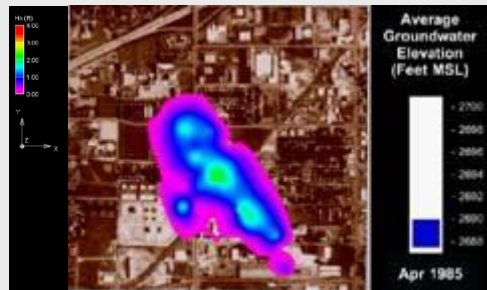
Nivel Agua Bajo



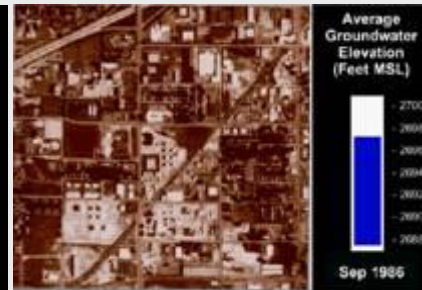
Nivel Agua Alto



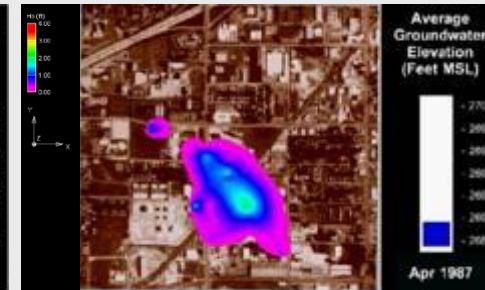
Nivel Agua Bajo



Nivel Agua Alto



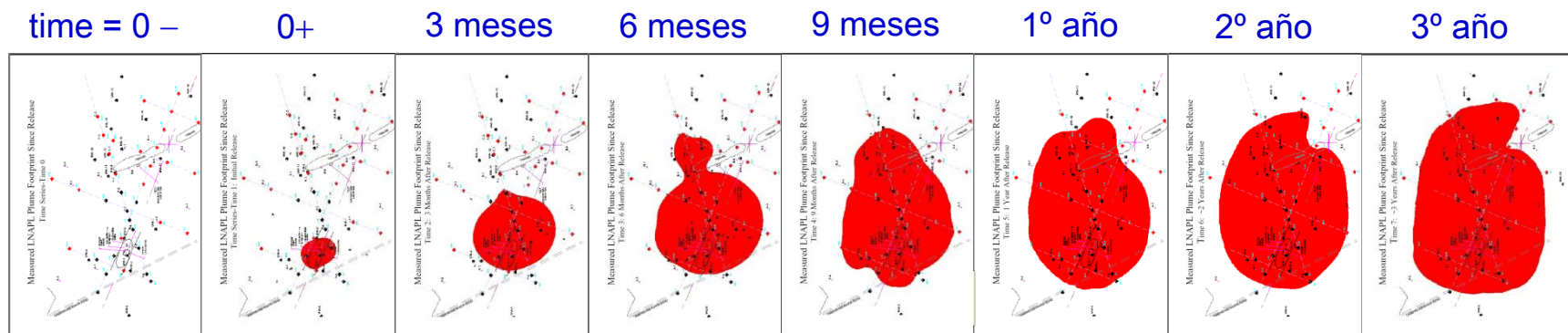
Nivel Agua Bajo



MITO - LAS PLUMAS DE FLNA MIGRAN INDEFINIDAMENTE

Derrame de gran volumen en poliducto

Formación de la Pluma de FLNA



- Saturación elevada de FLNA y gradiente alto resulta en una velocidad inicial elevada.
- Saturación baja de FLNA y gradiente plano resulta en una disminución de la velocidad de la pluma y de la presión de entrada, causando la detención total de la migración.

Conclusión: Derrames acotados de FLNA se detienen después de un cierto tiempo.

5.0

TRANSMISIVIDAD Y ASPECTOS BÁSICOS DE LA RECUPERACIÓN DE FLNA

TRANSMISIVIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS – ESTANDAR PARA DEFINIR LA PRODUCCIÓN DE AGUA

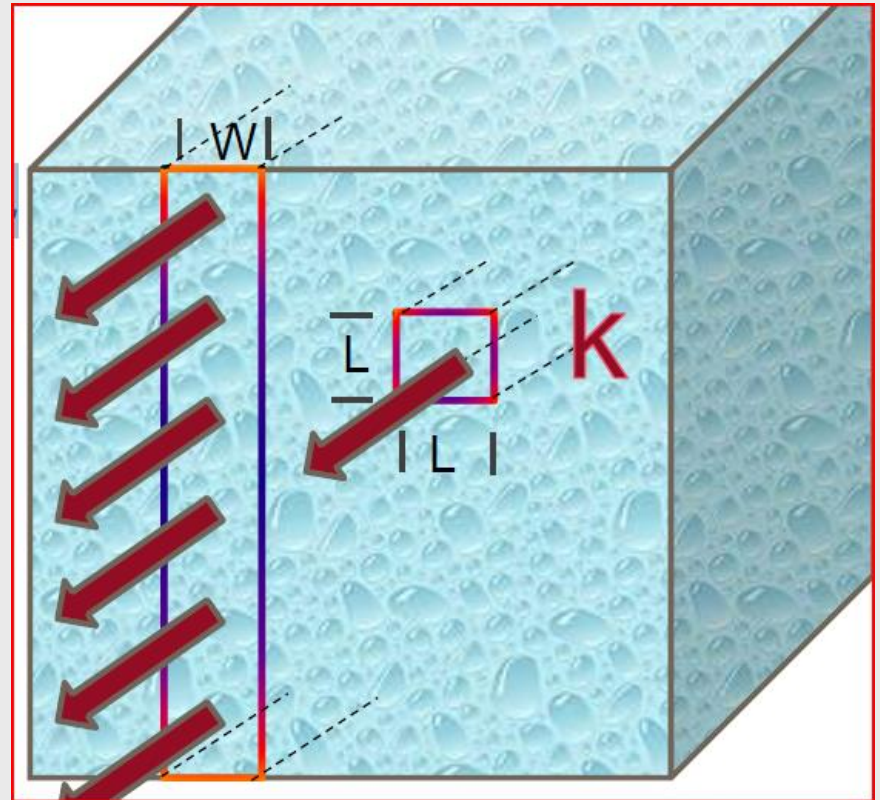
Transmisividad –

Coeficiente de proporcionalidad que describe la habilidad de un medio para transmitir agua

$$T_w = k_w \cdot b$$

k = conductividad
hidráulica

b = espesor del acuífero



ASTM 2011 - Guide for Estimation of LNAPL
Transmissivity (E2856-13)

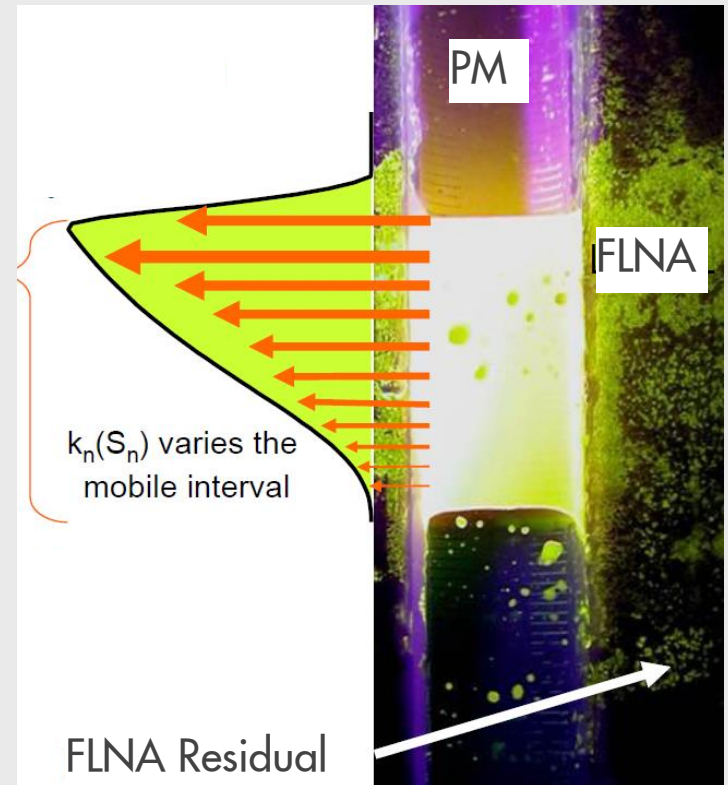
TRANSMISIVIDAD DE LA FLNA (T_n) PARA DEFINIR LA RECUPERACIÓN

- Corresponde a la magnitud del espesor integrado
- Corresponde a la permeabilidad del suelo

$$T_n = \sum K_n \cdot \text{espesor (bn)}$$

$$K_n = \frac{\rho_n \cdot g \cdot k \cdot k_{rn}}{\mu_n} \longrightarrow$$

- Engloba las propiedades de la FLNA
- Considera las variaciones de k_n en el intervalo móvil.



ASTM 2011 - Guide for Estimation of LNAPL Transmissivity (E2856-13)

COMO LA TRANSMISIVIDAD DE LA FLNA INFLUENCIA LA REMEDIACIÓN

Métrica de performance:

- La determinación de la magnitud de recuperación de la FLNA es más precisa
 - Considera tipos diferentes de suelo y diferentes condiciones hidrogeológicas.
 - Estimada a través de ensayos individuales en pozos
- Resulta en un posicionamiento mejor de los pozos y priorización de la recuperación de la FLNA.

Métrica para determinar el fin de una remediación

- Datos de transmisividad de campo y valores de saturación estimados
 - Proporciona un punto de referencia absoluto donde la recuperación hidráulica de la FLNA es probablemente ineficiente, aunque existan espesores de FLNA medibles.
 - Puede ser utilizada como referencia para otros sitios (datos de pozos y datos de performance del sistema).

ASPECTOS IMPORTANTES DE LA FLNA A CONSIDERAR

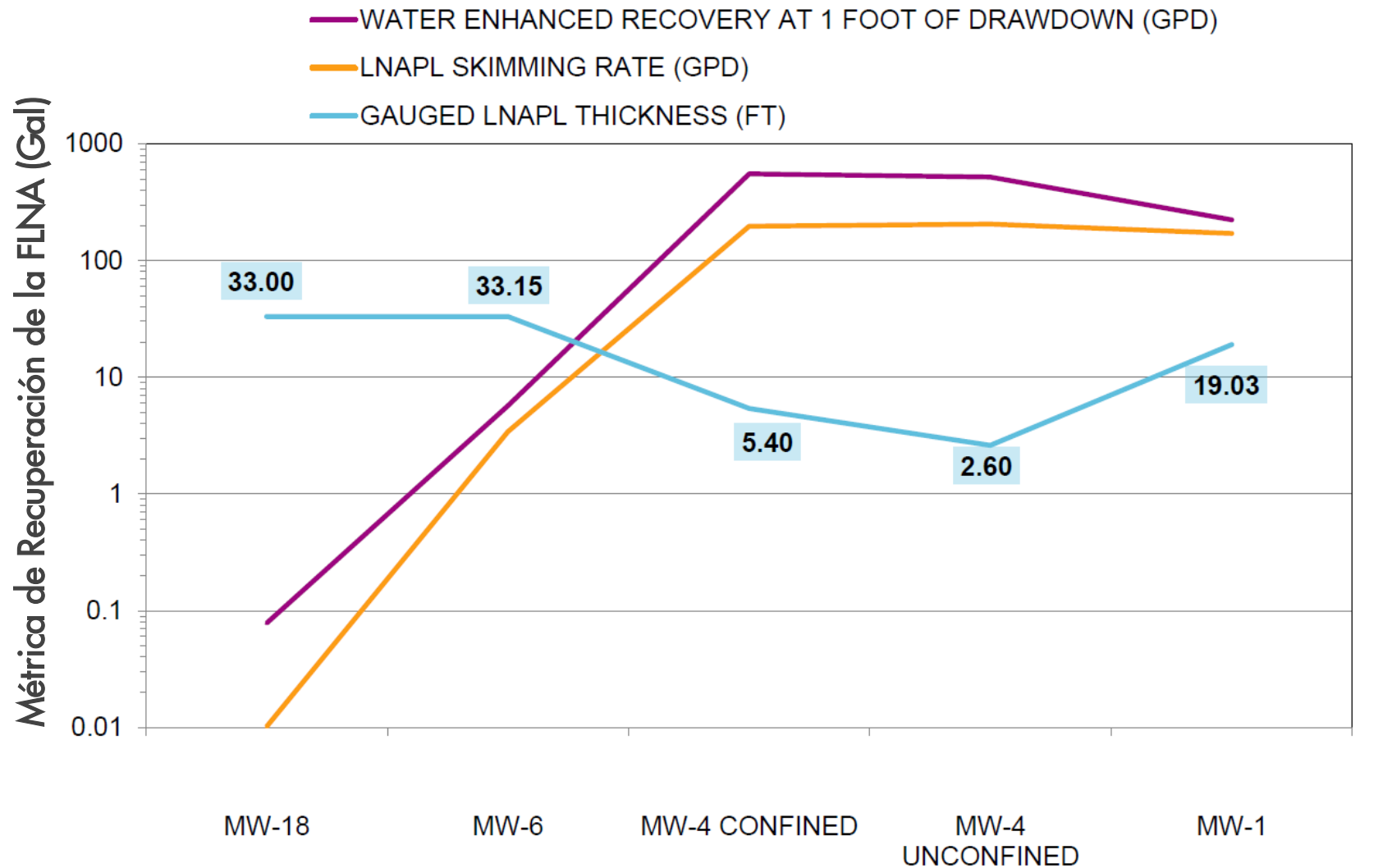
- Propiedades de los fluidos y mojabilidad
- FLNA en la sección filtrante de los pozos – distribución de la presión capilar.
- Saturación aplicada a la transmisividad de la FLNA
- Relación de escala para sistemas de muchas fases
- Estado de la FLNA: migrando, móvil, residual

PROPIEDADES IMPORTANTES DE LA FLNA

- Densidad de la FLNA
- Relación densidad de la FLNA y agua
- Viscosidad de la FLNA
- Relación viscosidad de la FLNA y agua
- Tensión superficial e interfacial
- Interfase Aire-Agua
- Interfases Aire-FLNA y FLNA-Agua

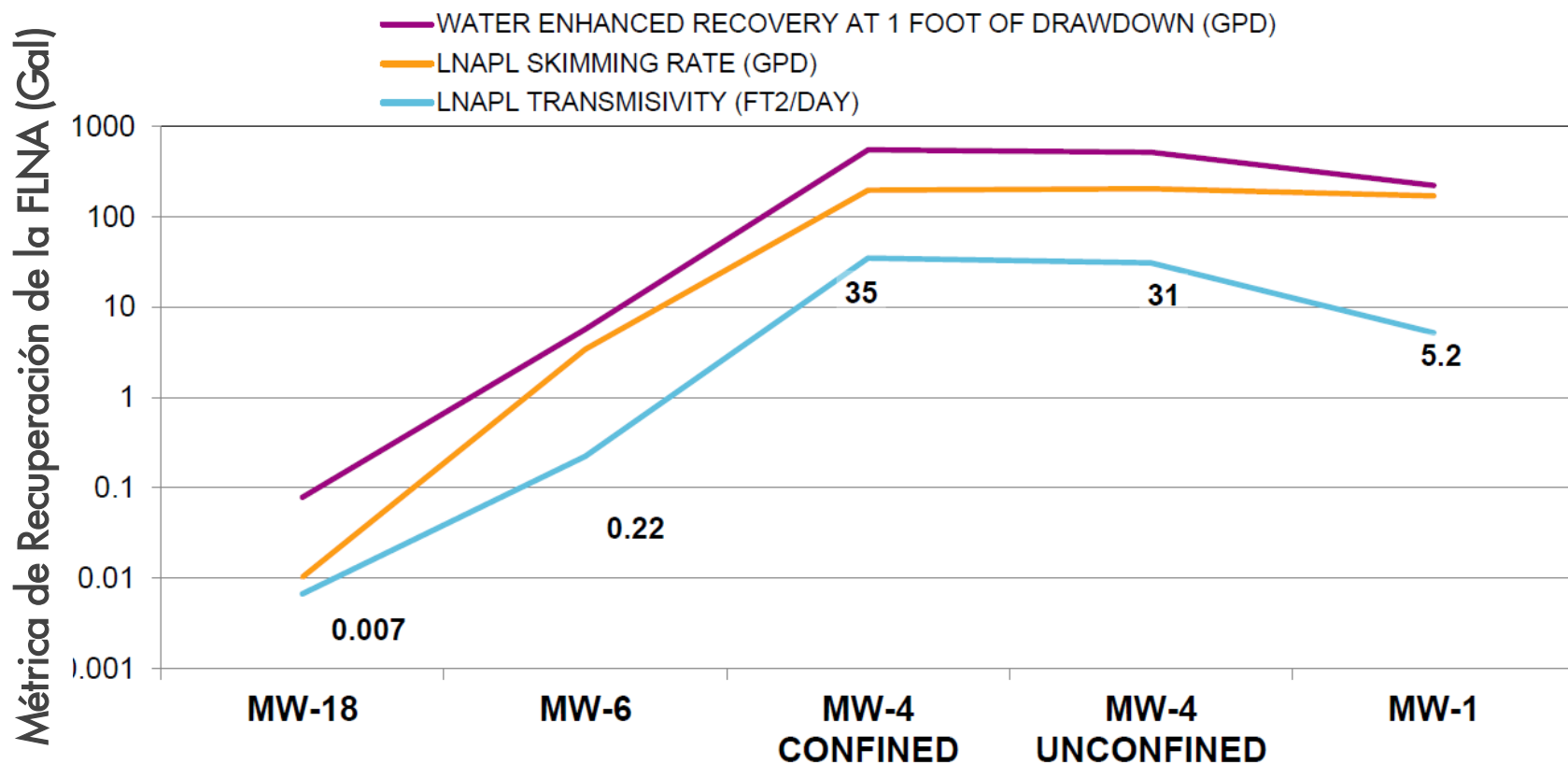
ESPESOR VS. RECUPERACIÓN DE LA FLNA – MALA CORRELACIÓN

Recuperación de la FLNA



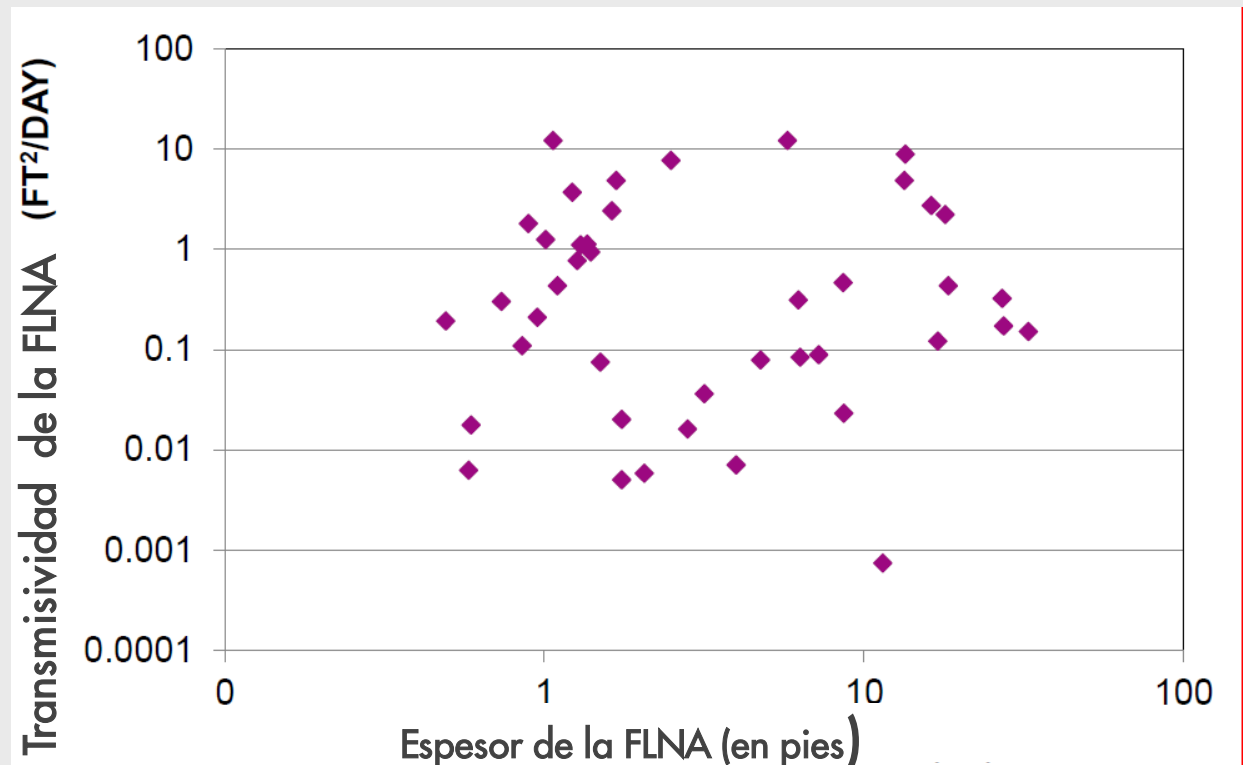
TRANSMISIVIDAD VS. RECUPERACIÓN DE LA FLNA – BUENA CORRELACIÓN

- La transmisividad de la FLNA exhibe mejor correlación.
- La tasa de recuperación de la FLNA es función de la depresión y transmisividad de la FLNA.



TRANSMISIVIDAD VS. ESPESOR DE LA FLNA – MALA CORRELACIÓN

- Datos de varios sitios
- El espesor de la FLNA para una determinada afectación depende del escenario hidrogeológico, tipo de suelo y variación del nivel de agua



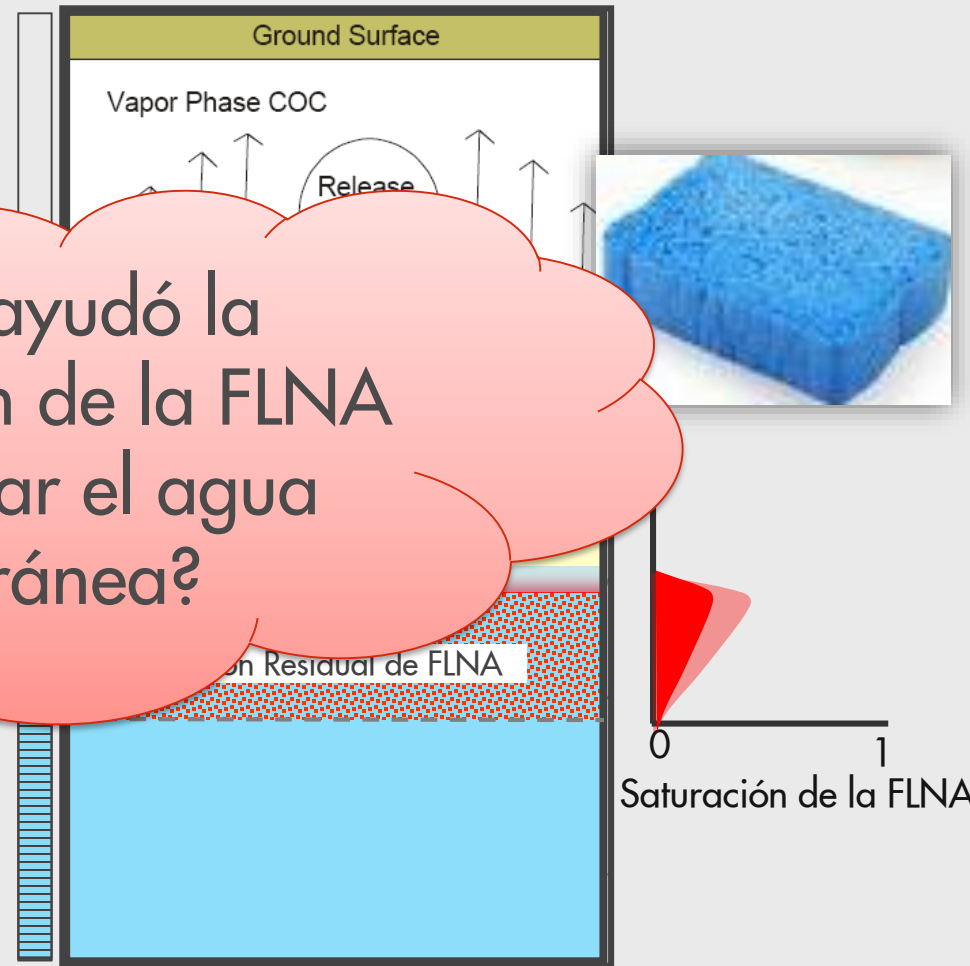
POR QUÉ UTILIZAR TRANSMISIVIDAD DE LA FLNA PARA EVALUAR SU RECUPERACIÓN?

- Espesor de la FLNA (m)
 - No es consistente en diferentes escenarios hidráulicos (colgado, confinado, no-confinado)
 - No es consistente en diferentes suelos
 - Mal indicador de recuperación de la FLNA.
- La tasa de recuperación de la FLNA es una métrica más robusta que el espesor de la FLNA en el pozo (lt/s)
 - Necesita de sistema de recuperación o ensayo piloto
 - Diferencias en la operación y diferencias de la tecnología hacen que esta métrica sea difícil de utilizar con diferentes tecnologías y en diferentes sitios
- Transmisividad de la FLNA ($\text{m}^2/\text{día}$)
 - Estimada a través de datos de recuperación o ensayos de campo en pozos de monitoreo
 - Consistente entre diferentes tipos de suelo
 - Consistente en condiciones de acuífero confinado, no-confinado y colgado

DESPUÉS DE LA RECUPERACIÓN HIDRÁULICA – POR EJEMPLO BOMBEO Y TRATAMIENTO

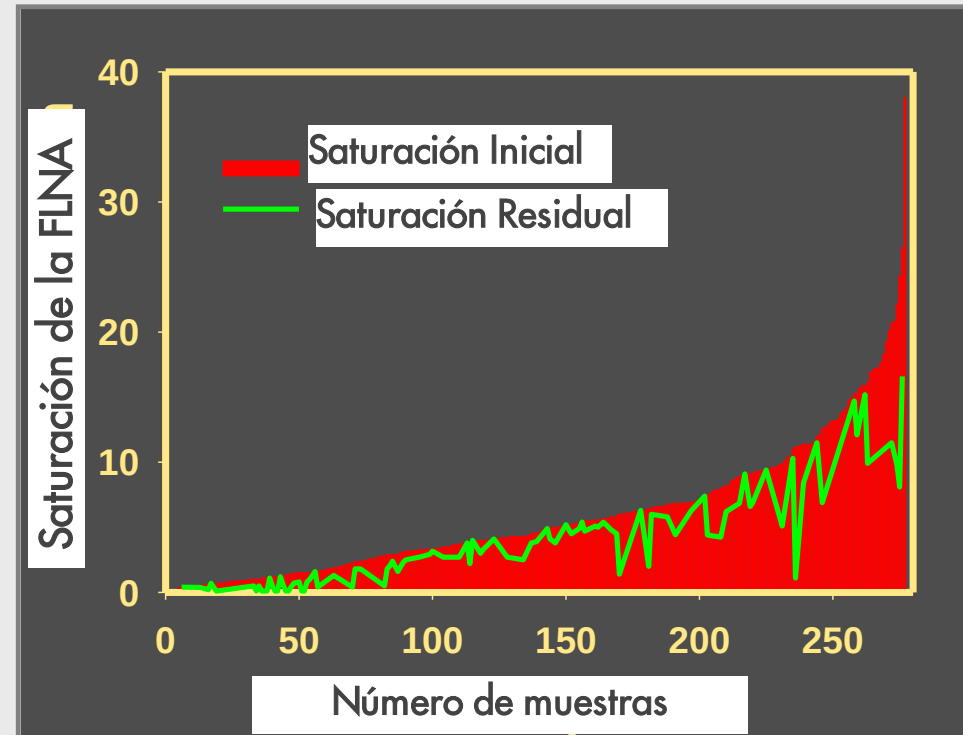
- La FLNA fue recuperada hasta su saturación residual.
- Puede ser que aún quede en el pozo.
- Todavía queda la contaminación que continúa afectando a las aguas subterráneas.

Cuánto ayudó la
recuperación de la FLNA
en remediar el agua
subterránea?



FLNA TEÓRICAMENTE RECUPERABLE

- 280 muestras de 3 sitios
- La FLNA residual fue determinada a través de la centrifugación a 1000g (1000 veces la gravedad)
- Muchas muestras de suelos de arenas finas a medias
- El área arriba de la línea verde puede drenar del núcleo de muestras a 1000g



6.0

METODOLOGÍAS DE RECUPERACIÓN DE LA FLNA / ENSAYOS

METODOLOGÍAS – ASTM SECCIÓN 5

- Ensayo de “Baildown”
 - Espesor de la FLNA > 15 cm
 - Niveles en equilibrio (inicio, fin)
 - Ensayo de “Skimming” Manual
 - No hay limitaciones en cuanto a espesor
 - Niveles en equilibrio (inicio, fin)
 - Ensayo de Trazador
 - Niveles tienen que estar en equilibrio (inicio, fin)
 - FLNA con gradiente
 - Utilizado en casos limitados fuera de Argentina
 - Datos de Sistemas de Remediación
 - Mediciones sencillas del flujo de producto, de agua y/o de aire
 - Propiedades del acuífero – conductividad hidráulica de la zona saturada y potencialmente de la zona vadosa; gradiente hidráulico
 - Área de influencia
- Caracterización inicial del sitio
 - Evaluación para definición del sistema de remediación
 - Radio de influencia pequeño

ENSAYO DE BAILDOWN

- Bailer – lleva mucho tiempo, turbulencias en los fluidos, remoción de agua.
- Bomba Peristáltica – recupera sólo FLNA – el mejor
- Camión de Vacío – recupera fluidos rápidamente



ASTM 2011 - Guide for Estimation of LNAPL Transmissivity (E2856-13)

7.0

ESTRATEGIA DE REMEDIACIÓN DE LA FLNA

POR QUÉ PREOCUPARSE CON LA FLNA?

La FLNA debería ser evaluada basada en dos premisas: cuánto y qué?

Saturación de la FLNA

- Seguridad
- Movilidad a través del suelo o caminos preferenciales
- Longevidad de la pluma de fase disuelta y plumas de fase vapor
- Aspectos estéticos.

Composición de la FLNA

- Seguridad
- Concentración en la fase disuelta
- Concentración en la fase vapor
- Contacto directo con el suelo o ingestión

OBJETIVOS

Situación actual: Cuando FLNA es observada en los pozos de monitoreo, la recuperación hidráulica es efectuada independiente del riesgo.

Más Apropiado: Objetivos deberían ser establecidos basados en el riesgo.

Objetivos dependientes de la saturación de la FLNA:

- Disminuir el potencial de migración de la FLNA
- Recuperar FLNA de los pozos (por ejemplo, hasta el límite posible)
- Disminuir la longevidad de las concentraciones de agua o vapor

Objetivos dependientes de la composición de la FLNA

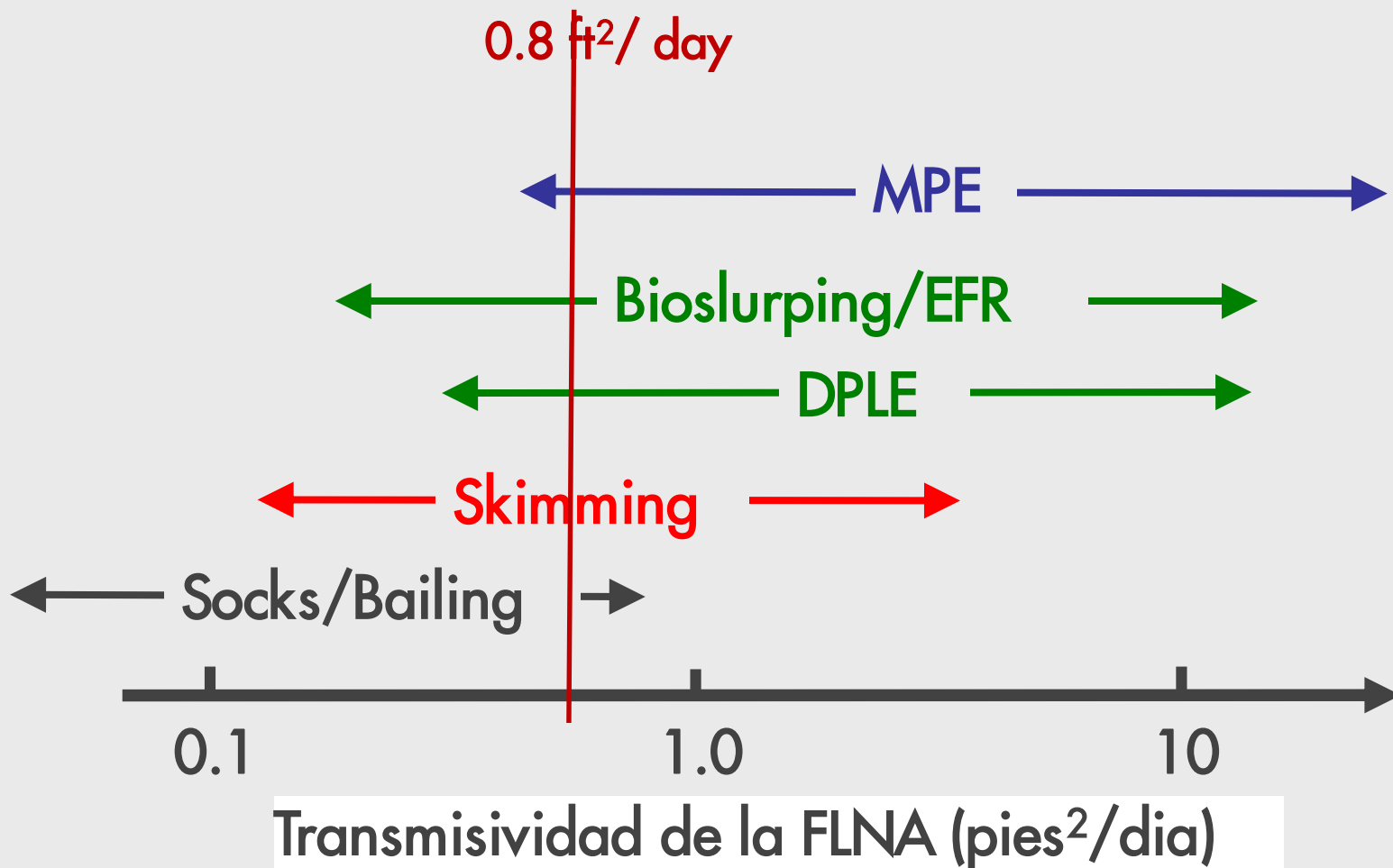
- Disminuir las concentraciones en agua
- Disminuir las concentraciones del vapor en el suelo
- Disminuir el flujo de las aguas subterráneas



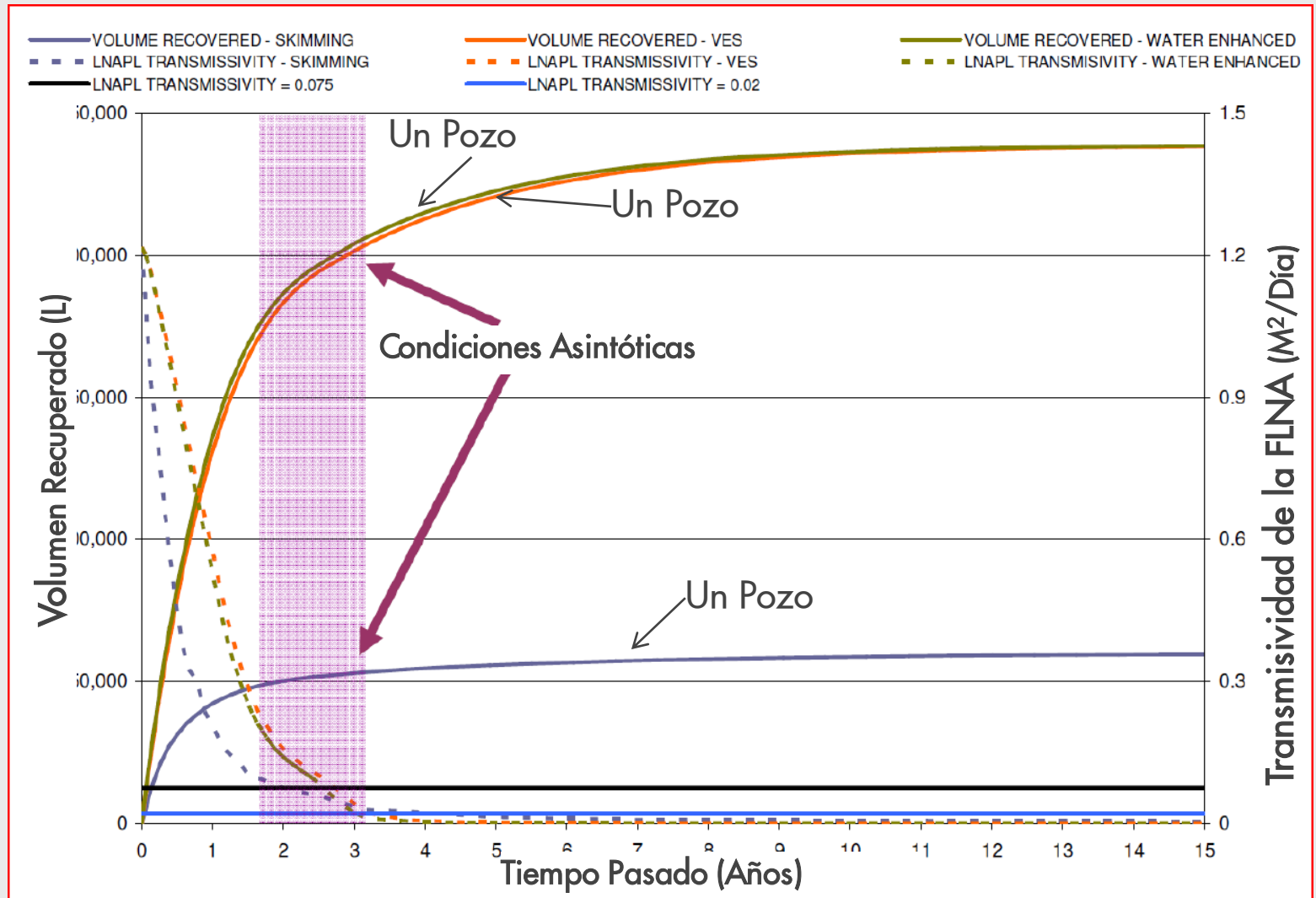
Empiece
con el fin
en mente

TRANSMISIVIDAD DE LA FLNA & UBICACIÓN DE POZOS

Considere la transmisividad para seleccionar la tecnología de remediación



EJEMPLO DE MÉTRICA PARA FINALIZAR LA RECUPERACIÓN DE LA FLNA



RELEVANCIA DE LA TRANSMISIVIDAD DE LA FLNA

- La transmisividad (T_n) de la FLNA puede ser usada como métrica del inicio o detención de la metodología de remediación seleccionada (reducción de la fuente a través de recuperación hidráulica).
- T_n es útil como métrica para evaluar rendimiento de los equipos de recuperación.
 - Estandariza el descenso del nivel de agua de manera que el rendimiento de la recuperación para diferentes tecnologías, en diferentes pozos y en diferentes sitios pueda ser evaluado.
 - T_n debería decrecer con la recuperación de la FLNA
- El rango definido por ITRC junto con la transmisividad de la FLNA del sitio, ofrece un punto de referencia para la recuperación hidráulica.
- Para sitios teniendo valores de transmisividad debajo de 740 $\text{cm}^2/\text{día}$ (0.8 $\text{pies}^2/\text{día}$), se debería pensar si la remoción es eficiente.

■ Observación:

La transmisividad de la FLNA no indica la tasa de avance del frente de la pluma de FLNA

ENFOQUE GENERAL

Ante un derrame

- Considere todos los aspectos de emergencia y seguridad
- Ejecute un análisis de riesgo
 - Evalúe la estabilidad de la FLNA
 - Utilice metodologías convencionales de análisis de riesgo (por ejemplo, ASTM) para identificar los riesgos de la toxicidad de la FLNA
- Determine Objetivos
 - Basados en la Saturación
 - Basados en la Composición
- Ejecute la Acción Correctiva - mitigue o gestione el riesgo
 - Saturación: Si la pluma migra, adopte acciones de contención.
 - Composición: Trate otras fases (suelo, agua, vapor) de acuerdo con la necesidad
 - Es posible utilizar metodologías comunes aún en presencia de FLNA.
- Considere controles institucionales

CÓMO MEDIR EL PROGRESO DE LA REMEDIACIÓN DE LA FLNA

Objetivo

Reducción de la Migración

Recuperar FLNA hasta el límite técnicamente posible

Reducción del Riesgo Agua y Vapor

Métrica

- Pluma de FLNA estable (no esta migrando)
- No hay FLNA en los pozos gradiente abajo
- La pluma de fase disuelta está estable

- Límites para remediación definidos por las autoridades
- Transmisividad de la FLNA
- Evaluación de la curva de descenso
- Recuperación asintótica
- Relación FLNA / agua
- Costo eficiencia operativa
- Espesores irreductibles

- Concentraciones aceptables en el suelo, aguas subterráneas y vapor del suelo en el punto de cumplimiento
- Flujo reducido
- Rendimiento asintótico del sistema de remediación

REMEDIACIÓN SUSTENTABLE

■ Los mas importantes principios de la Remediación Sustentable:

- Utilizar tecnologías de bajo consumo energético siempre que sea posible;
- Utilización de la tecnología de skimming para recuperar FLNA cuando se aproxima el termino de la remediación.
- Análisis de costo/beneficio para determinar cuando la remediación de la FLNA no es más sustentable relativa a los recursos utilizados y el beneficio ambiental;
- Estimación de la pérdida de masa para determinar las perspectivas a largo plazo de la restauración de los usos beneficios de las aguas subterráneas y
- Desenvolvimiento de plan de gestión para el sitio incorporando enfoque de sustentabilidad en las actividades.

■ **Monitoreo de Atenuación Natural (MNA)** es una tecnología aceptable cuando se utiliza al final de una remediación. Esta metodología permite a la agencia ambiental que apruebe dejar una afección residual en el sitio teniendo en cuenta el hecho que la remediación activa no es sustentable y que todo sitio tiene un **Agotamiento Natural de la Zona Fuente** (Natural Source Zone Depletion - NSZD), consistente con principios de riesgo apropiados.

■ La remediación sustentable necesita de un **Modelo Conceptual para el Sitio** que responda a las siguientes preguntas:

- La FLNA realmente tiene riesgo de estar migrando?
- Cuánto de la FLNA es móvil y/o es recuperable?
- Existe realmente el potencial riesgo de exposición si la FLNA se queda donde está?

8.0

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- **Distribución vertical de la FLNA**
 - No es un panqueque; defina el límite superior e inferior de la afectación
- **Recuperación de la FLNA**
 - No toda la FLNA es recuperable; piense en cuáles son los riesgos y si los mismos están siendo considerados con la recuperación de la FLNA.
- **Riesgos de la FLNA**
 - Migración y Toxicidad; considerando por separado asuntos como saturación y composición de la FLNA ayuda a enfocar los esfuerzos correctamente.
- **Migración de la FLNA**
 - Comúnmente la FLNA no se encuentra migrando; en este caso la motivación para la acción debe concentrarse en la toxicidad de la FLNA.
- **Tomando Decisiones Acertadas respecto a Remediación de la FLNA**
 - Herramienta correcta para el trabajo; no se puede sanear el aspecto de la toxicidad de la FLNA a través de su recuperación.
 - Objetivos de saturación o composición deben tener métricas apropiadas.
- **Autoridades de los EEUU aceptan el concepto del riesgo de la FLNA**

DUTCH LIST

- Human toxicological effects have been quantified in the form of concentrations in the soil above which the so-called maximum permissible risk (MPR) for humans may be exceeded. For noncarcinogenic substances this corresponds to the Tolerable Daily Intake (TDI). For carcinogenic substances this is based on an additional chance of tumor incidence of 10^{-4} for lifetime exposure. It is assumed here that all exposure routes are operational.
- Intervention values are related to a spatial scale. For there to be a case of values being exceeded and thus an instance of serious contamination, the average concentration of a minimum of 25 m³ of the soil volume in the case of earth or sediment contamination, or 100 m³ pore saturation soil volume in the case of groundwater contamination, must be higher than the intervention value for at least one substance.
- Certain pathways only
- Have they been adjusted for the right soil type, groundwater depth, site specifics?