

XIII Congreso Colombiano de Geotecnia – Manizales 2010

Consideraciones geotécnicas en la construcción de llenos de brechas con arenas del Stock de Alta Vista.

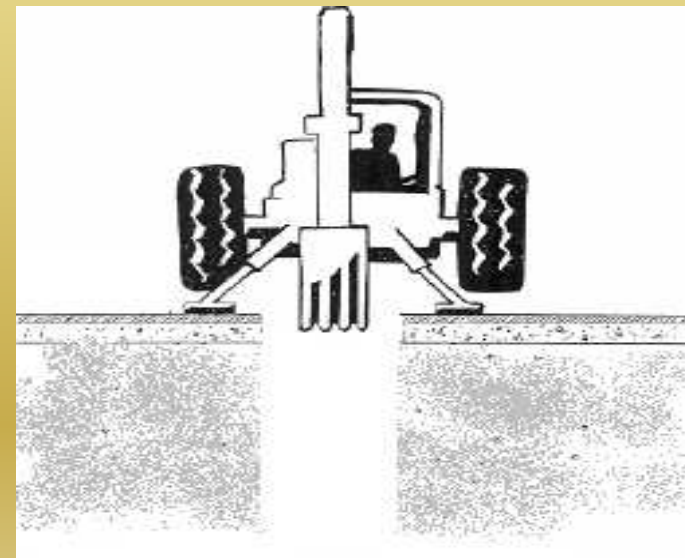
Julián Duque Bernal

Ing. Civil, Esp. Vías

MS.c Geotecnia

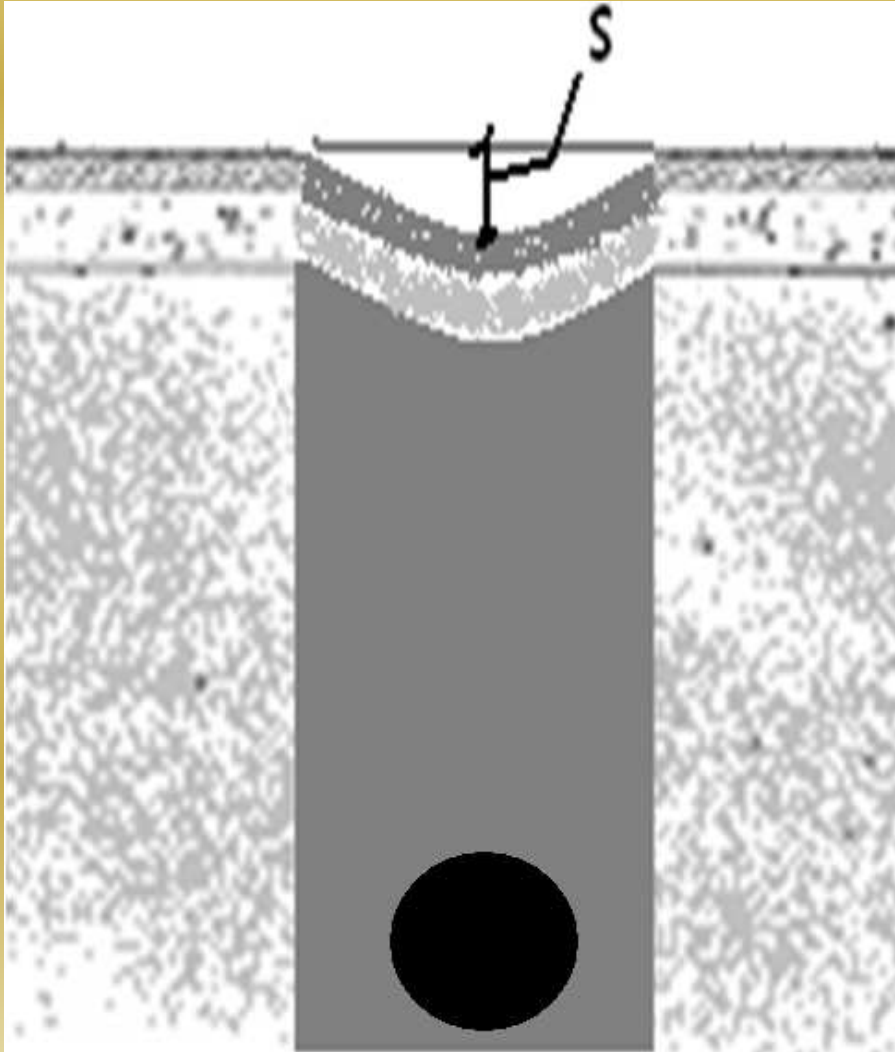
Universidad Nacional de Colombia –
Sede Medellín

Manizales, septiembre 23 de 2010



Trabajo de investigación Maestría en Geotecnia. Director Hernán E. Martínez C. PhD.

Problema y escenario

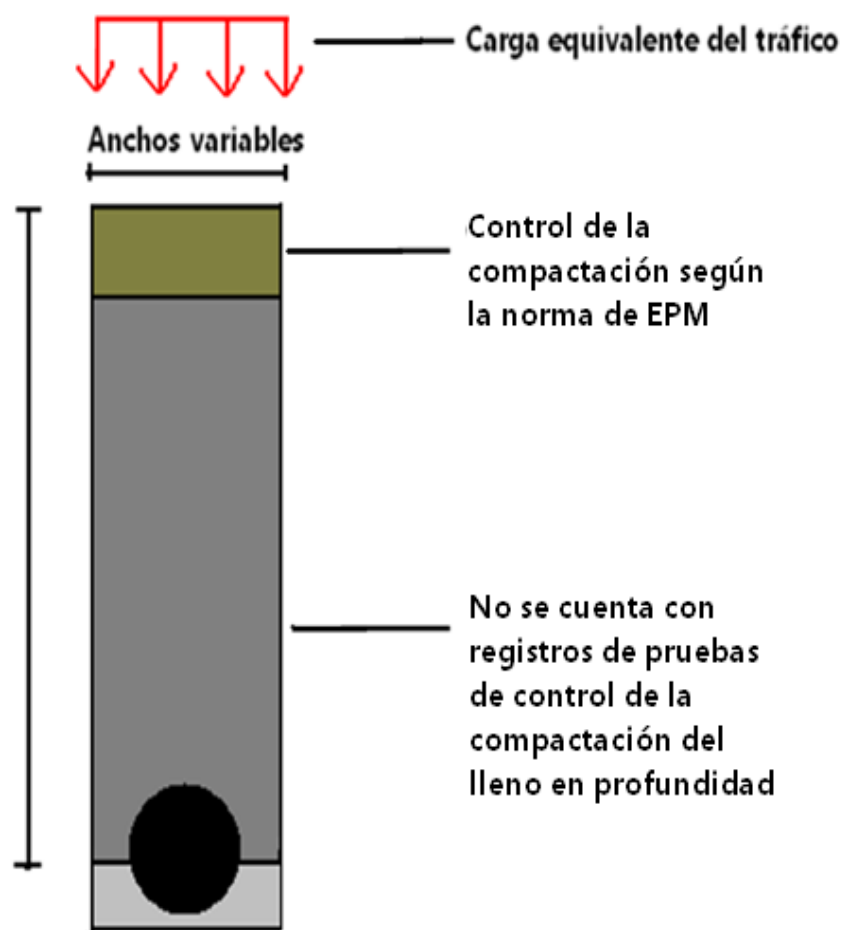


Algunos pavimentos flexibles construidos sobre llenos en brechas de servicios públicos de Medellín, al cabo de un tiempo presentan asentamientos en superficie.

Las pérdidas pueden ascender a los cientos de millones de pesos anuales y los daños afectan cerca del 12% de la red examinada.

Hipótesis a investigar:

Las deformaciones volumétricas



Las deformaciones volumétricas se asocian a tres posibles causas:

-Cambios de la compactación en profundidad.

-Variaciones en la geometría de la brecha.

- Propiedades del material de lleno.

El tráfico y otras variables que intervienen se considerarán constantes

Metodología

MUESTREO DIRIGIDO

Selección de 50 tramos de proyectos pertinentes en una red de 7 mil km.

ORGANIZACIÓN DE
LA INFORMACIÓN

Estudio de las tres variables que intervienen en el problema y de la patología.

TRABAJO DE
LABORATORIO

Pruebas complementarias para validación de la información empírica disponible.

MODELO CONCEPTUAL

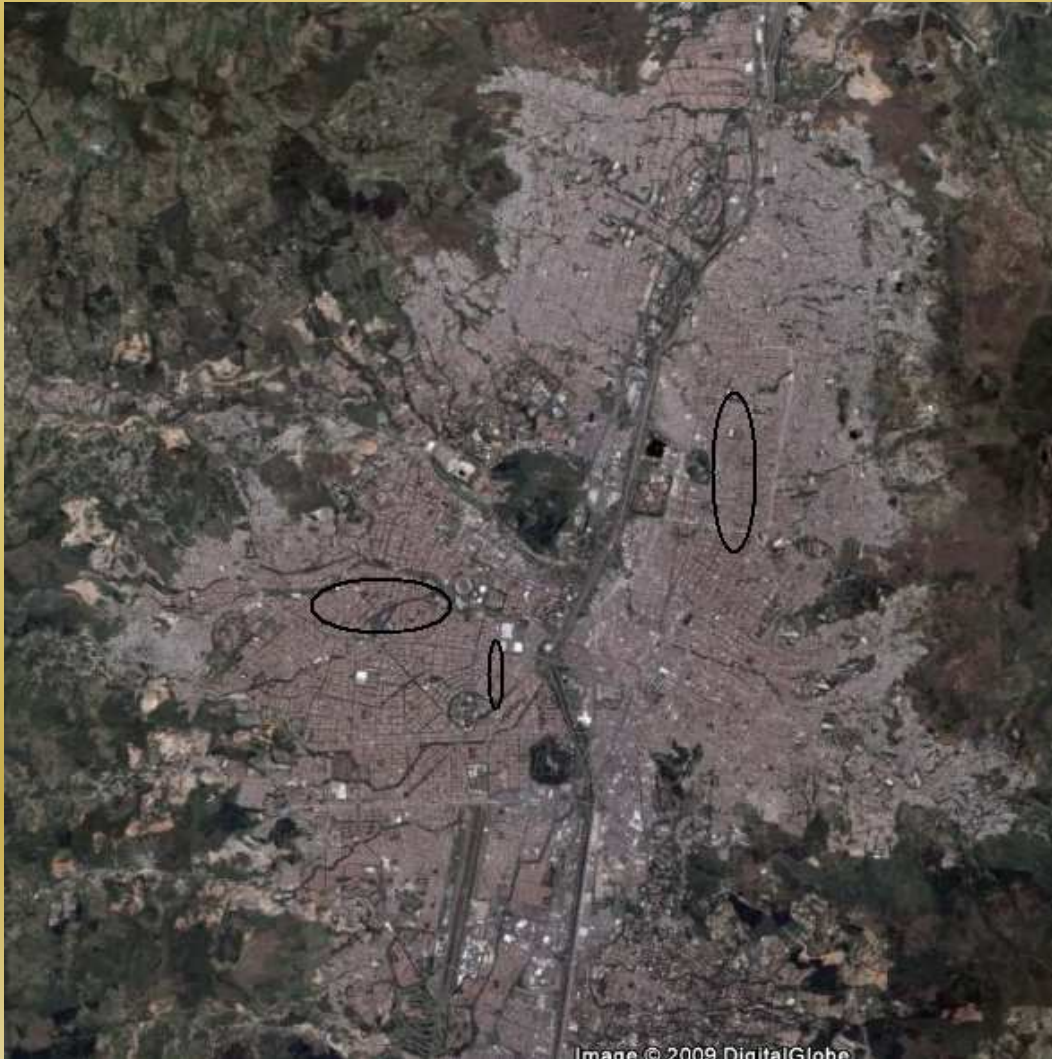
Lleno estratificado, paredes cuasiverticales, carga estática, compactación por la rama húmeda.

ANÁLISIS NUMÉRICO

Análisis del problema mediante la técnica de los F.E.M.

Nota: Dado que no se consideró la succión, se optó por la rama húmeda de compactación para mitigar el impacto. Además, el modelo excluye el fenómeno de consolidación que se pueda haber presentado.

Muestreo dirigido

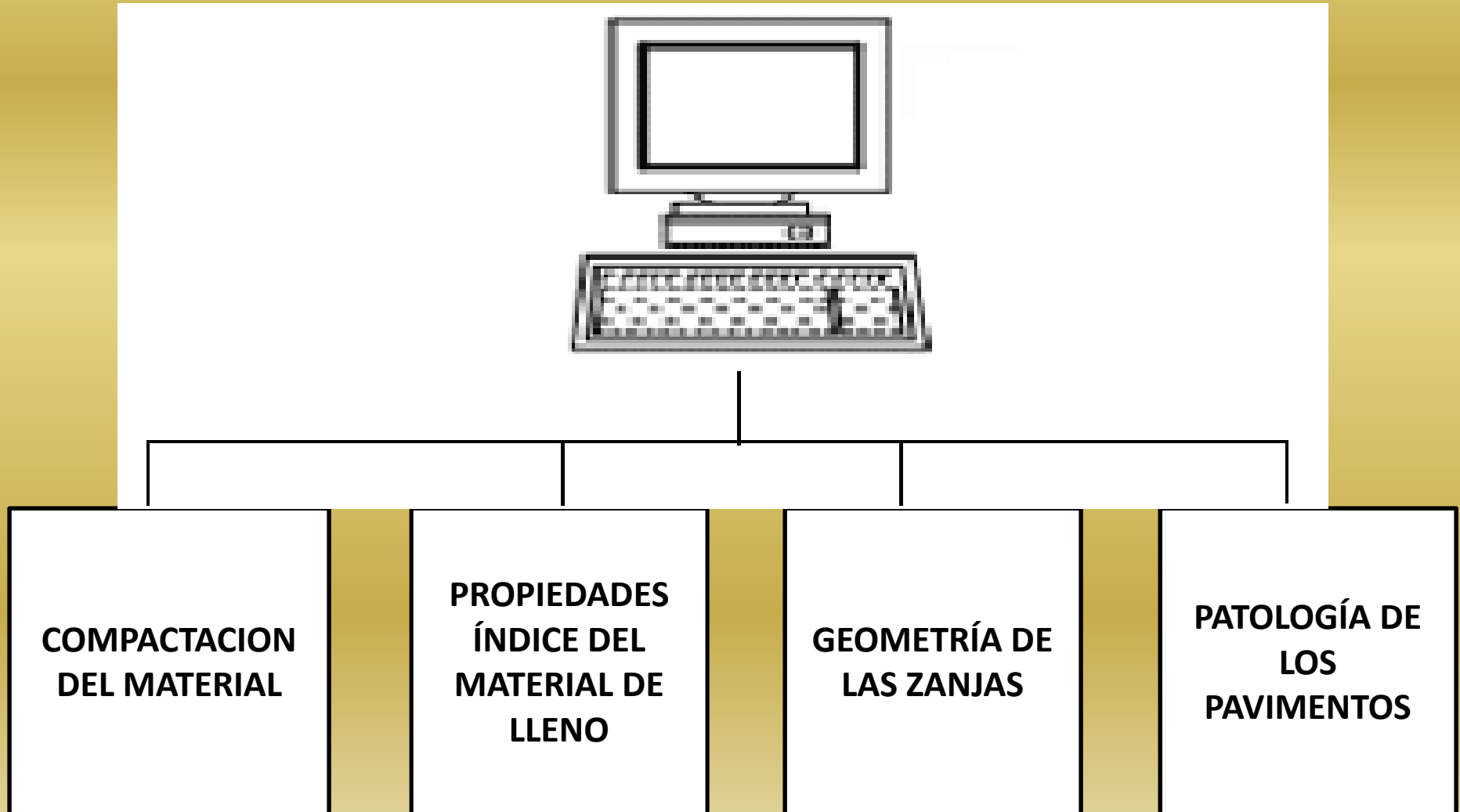


Selección de proyectos de EPM con características adecuadas para la investigación.

- **Ubicación**
- **Tiempo de solicitud: 2 a 5 años**
- **Evidencia de deterioro en los pavimentos.**

Los proyectos seleccionados suman 50 tramos.

Organización de la información

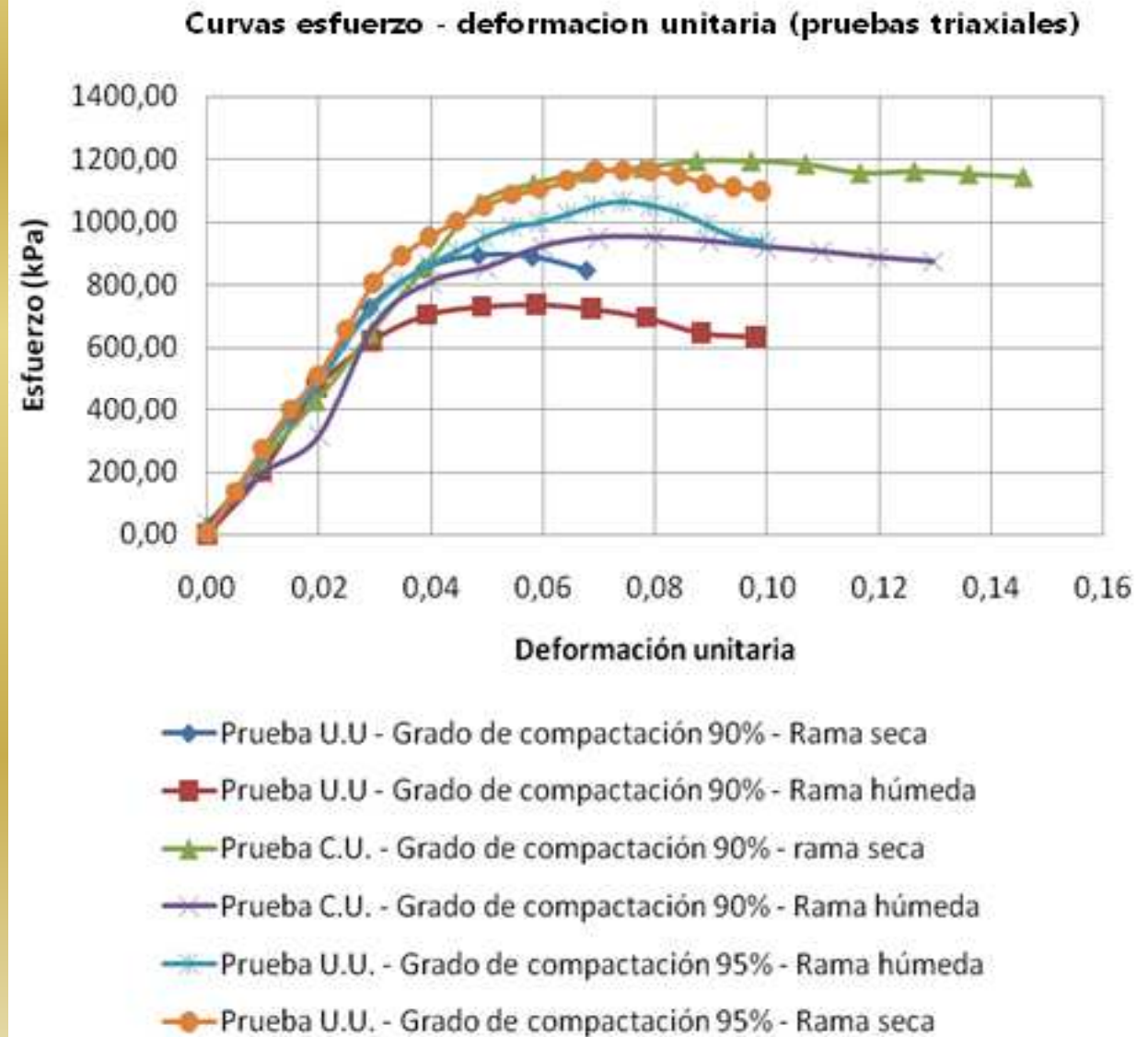


Trabajo de laboratorio

Pruebas triaxiales



Laboratorios: EPM y Universidad Nacional Medellín

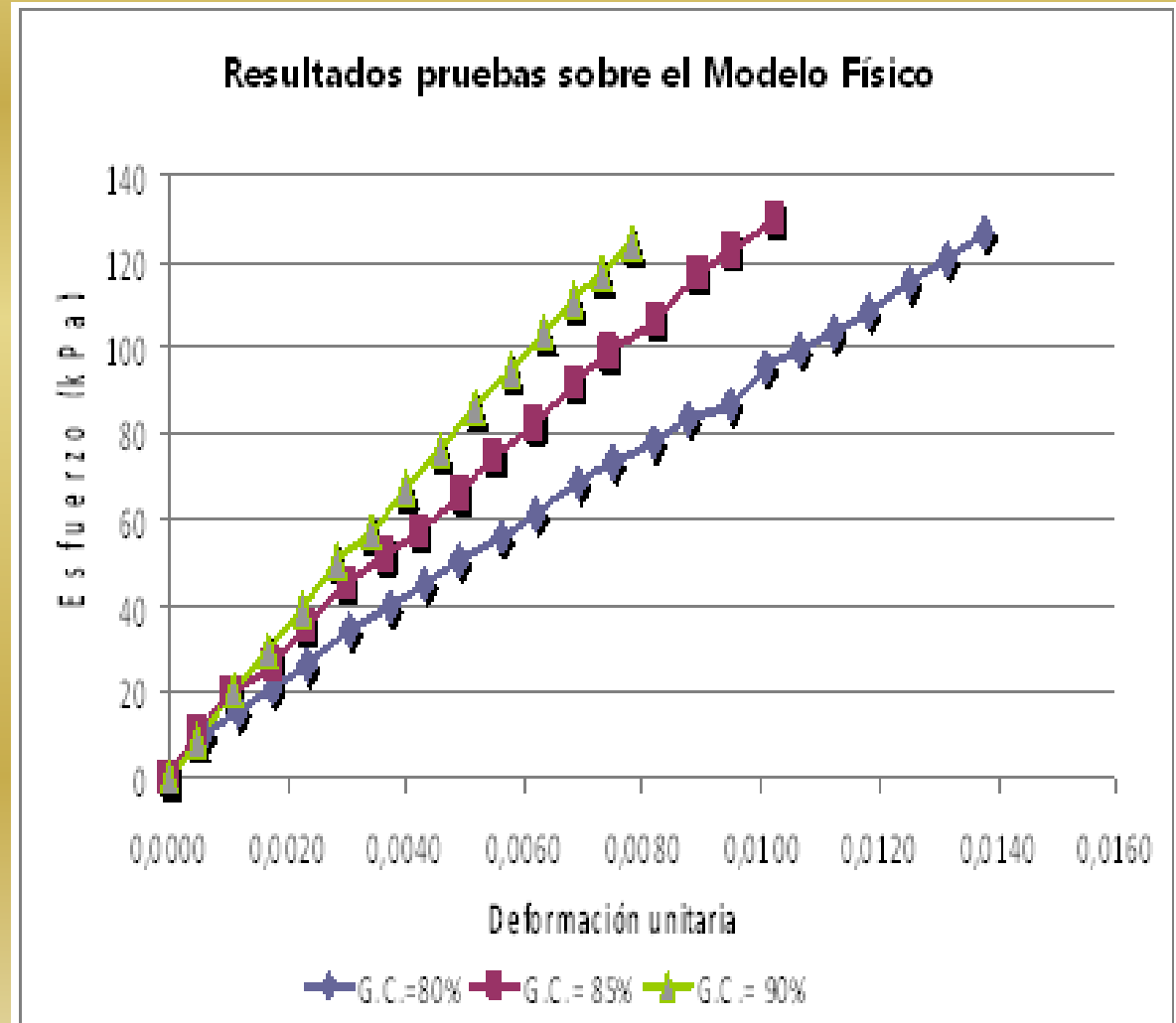


Trabajo de laboratorio

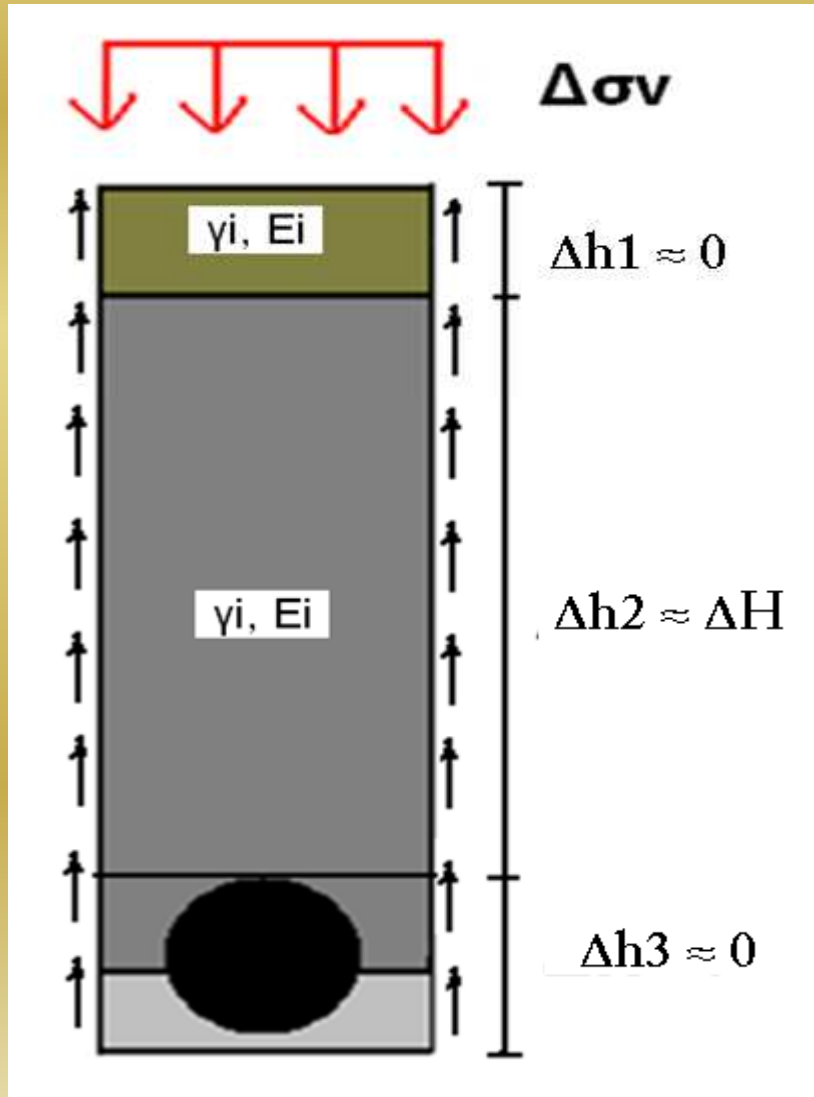
Modelo físico



Diseño, construcción y operación del equipo: Universidad Nacional de Colombia.



Modelo conceptual

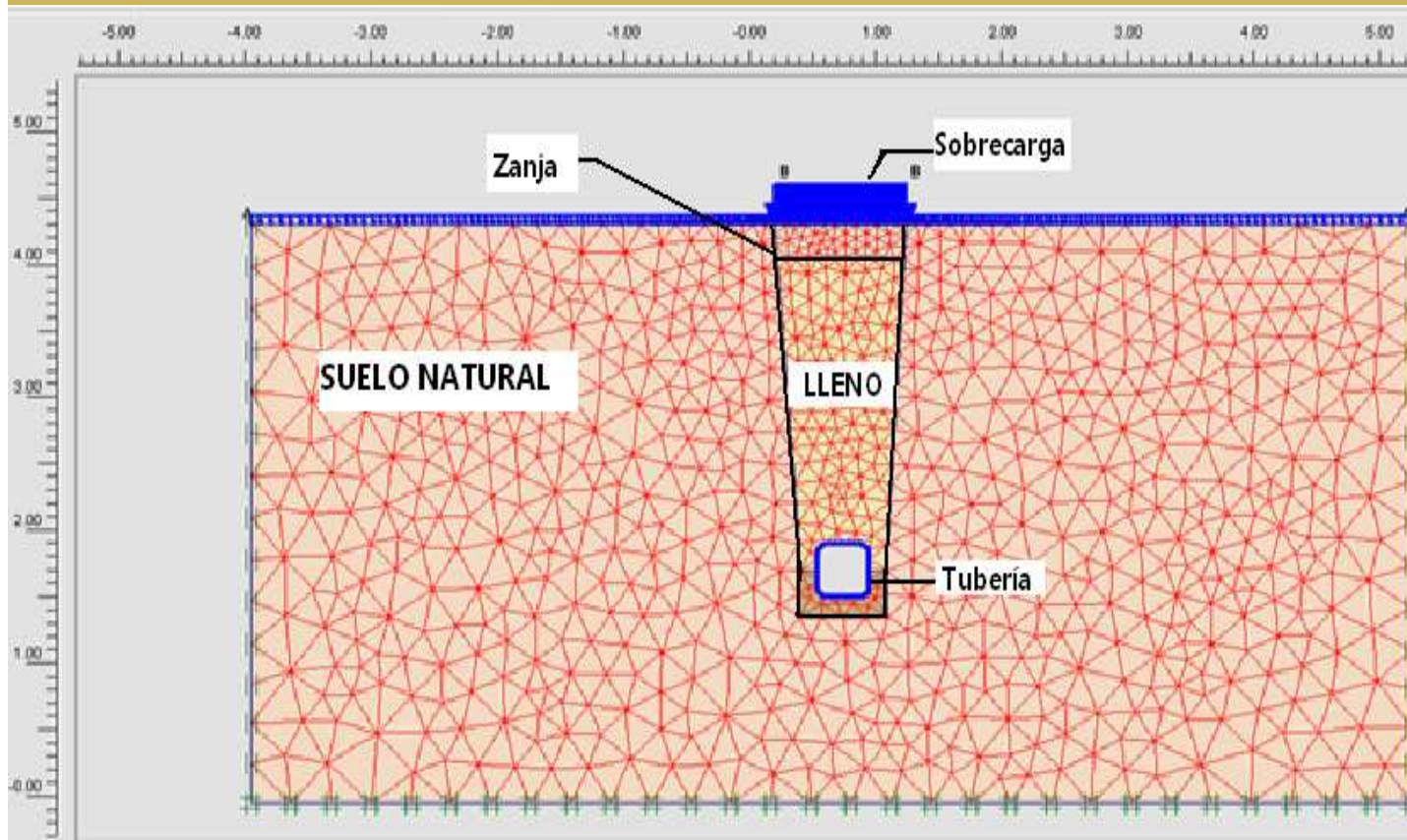


Premisas:

1. Los asentamientos se presentan por una densificación del material de lleno mal compactado.
2. Las paredes de la zanja presentan resistencia por la fricción entre materiales.
3. Se considera una carga estática equivalente de tráfico.

Variables: compactación, espesores y geometría.

Modelo numérico (F.E.M.)



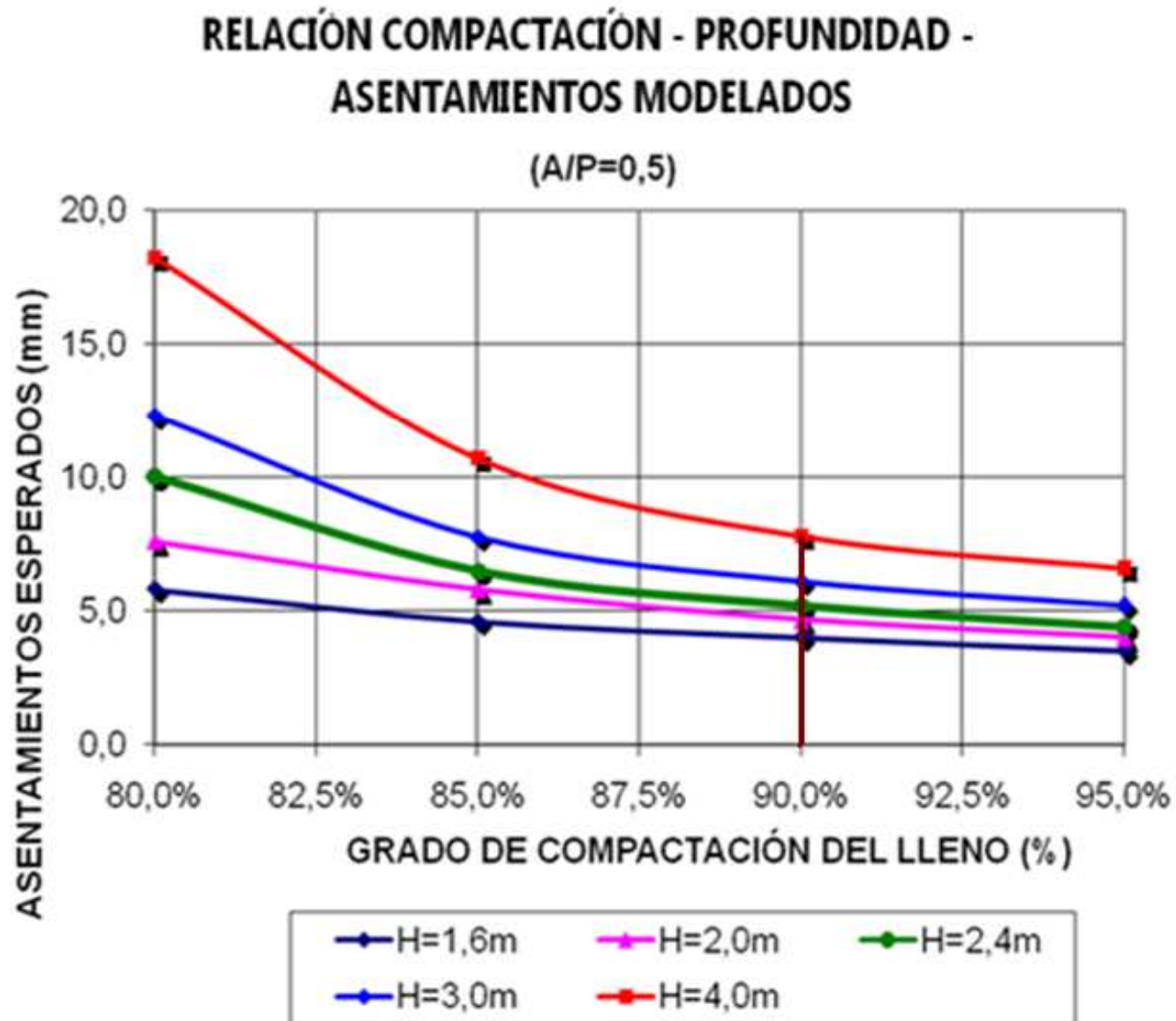
Representación del material densificado bajo compresión por carga estática.

Modelo elasto-plástico Morh Coulomb

Plataforma Plaxis 8.0 - 2D

Geometría, materiales, condiciones de borde y malla de elementos finitos típica

Resultados: geometría – compactación (1)

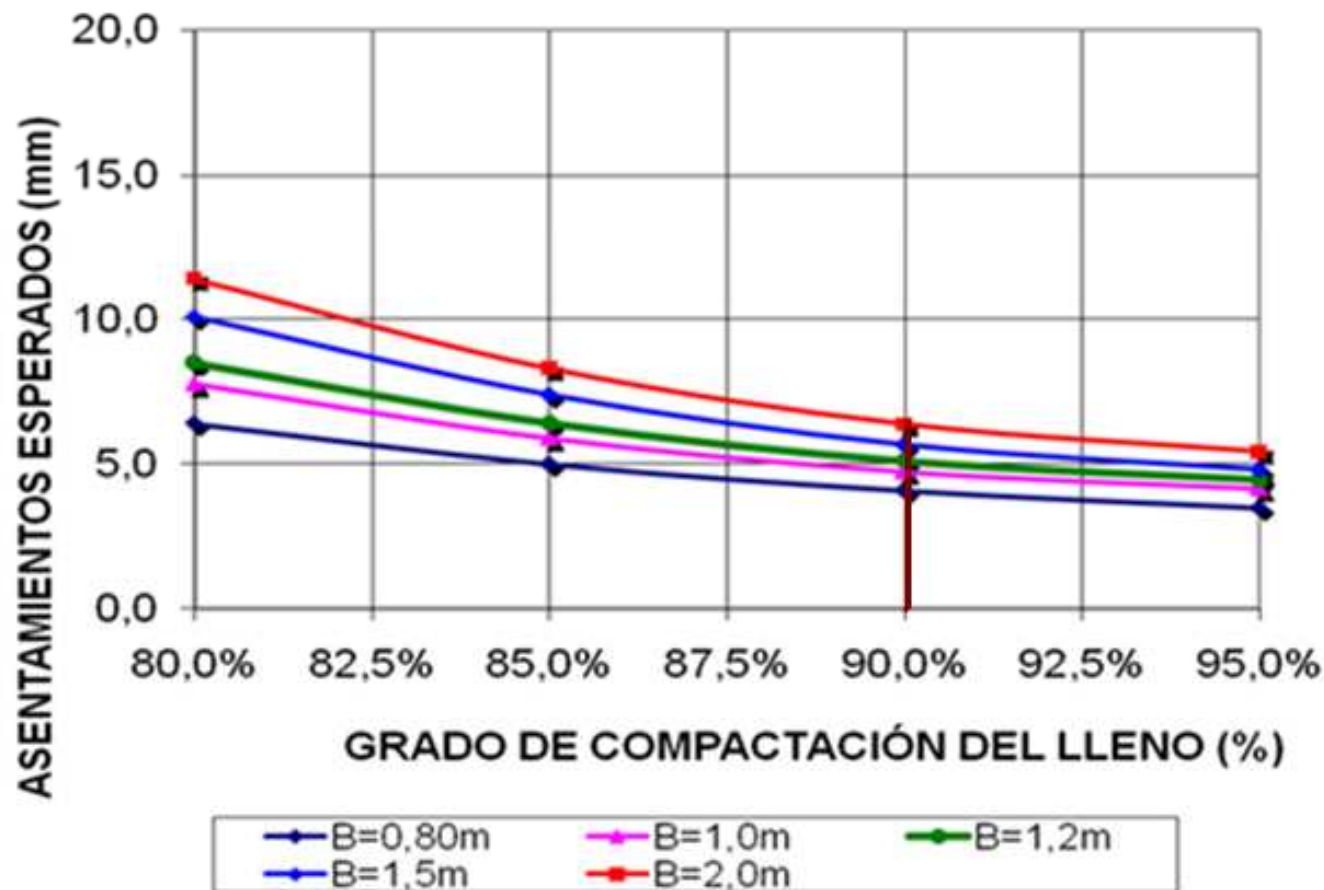


La profundidad de la brecha influye en la estabilidad volumétrica del lleno.

Las mayores variaciones en los asentamientos corresponden a grados de compactación menores que el 90% mínimo de la norma.

Resultados: geometría – compactación (2)

RELACIÓN COMPACTACIÓN - ANCHO -
ASENTAMIENTOS MODELADOS
(H=2,5m)



Mayores anchos en combinación con grados de compactación bajos producen los mayores asentamientos.

Se debe controlar la esbeltez de la brecha.

Conclusiones:

1- En una primera aproximación, el método observacional aplicado a la ingeniería permite obtener conclusiones significativas a través de procesos metodológicos y herramientas simples.

2- La metodología puede ser replicable a otros escenarios urbanos siempre y cuando se adapten las variables y pruebas al tipo de material y la geometría de la brecha.

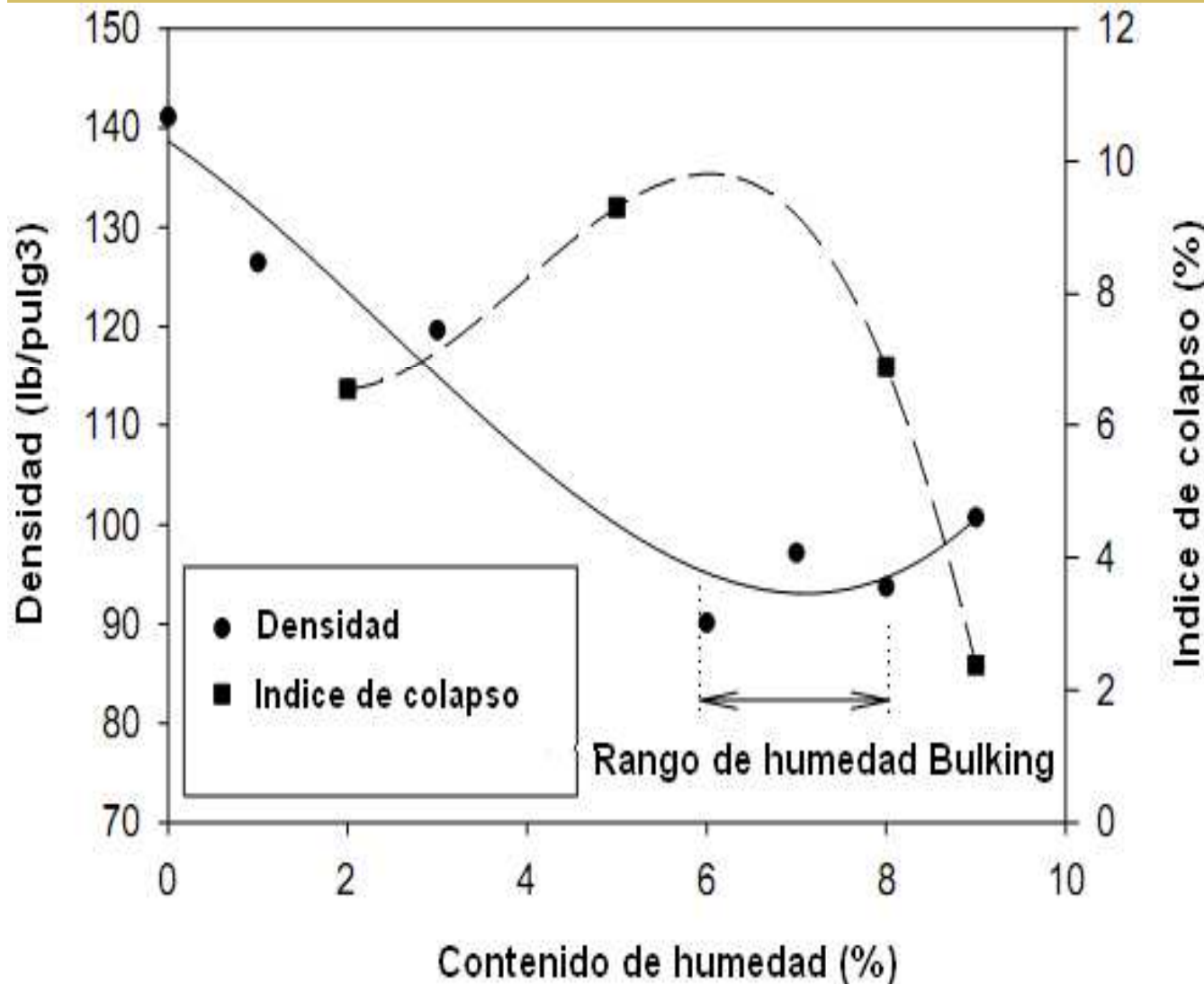
3- En el presente estudio y para material utilizado (*) Las variables geotécnicas de mayor influencia en el desempeño de estos pavimentos fueron: **grado de compactación del lleno, espesor de compactación, la profundidad de la zanja y el ancho de las zanjas.**

(*) La validez de la extensión de la tercera conclusión se soporta en los criterios señalados en el muestreo dirigido.

Recomendaciones

- Se debe controlar la compactación en toda la profundidad hasta la clave del tubo.
- Para brechas con relaciones $A/P > 0.50$ se siguen controles más rigurosos.

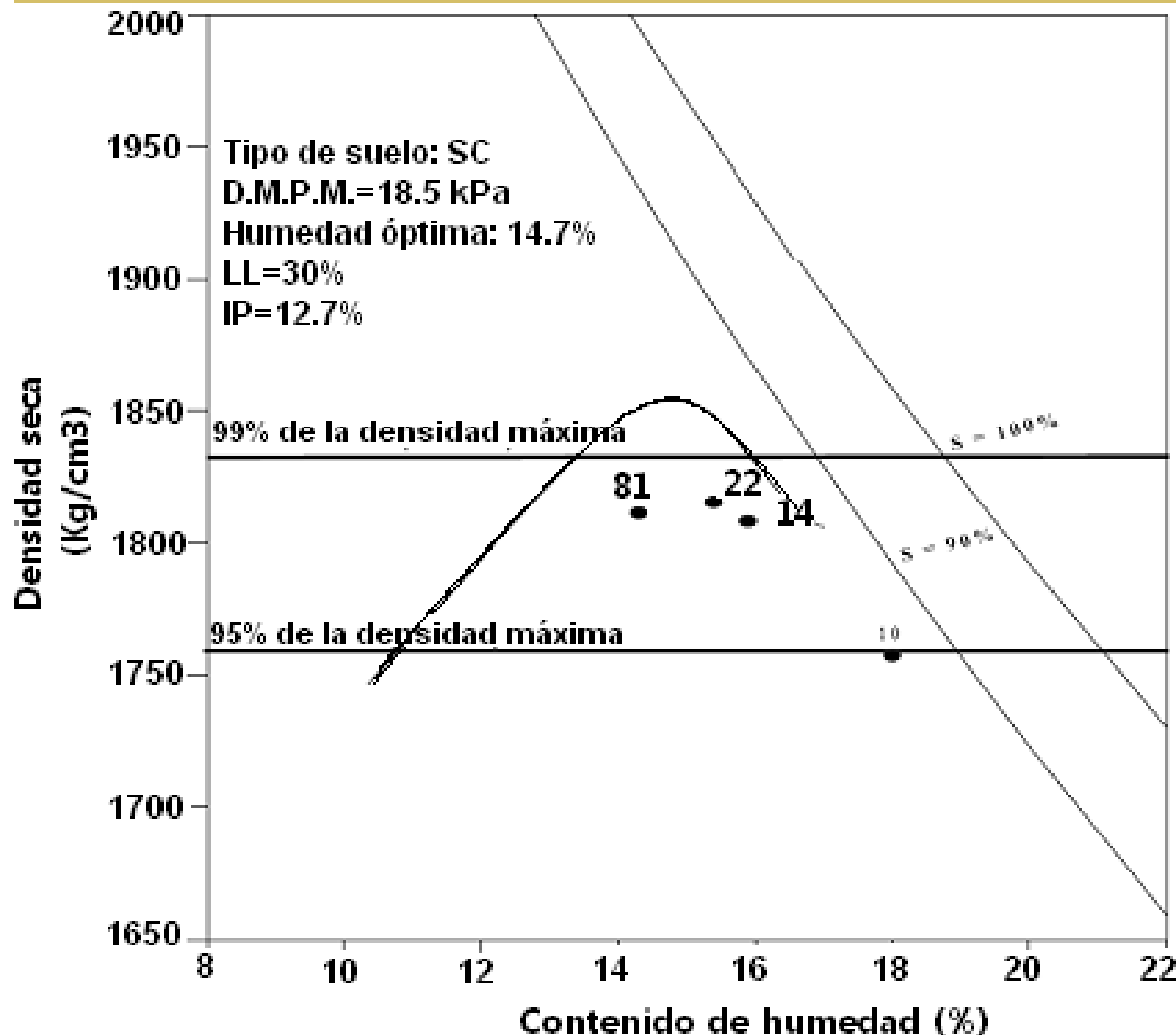
Recomendaciones (Jensen et al. 2005)



Se debe garantizar un dispositivo que permita la toma rápida de humedades durante la construcción del lleno.

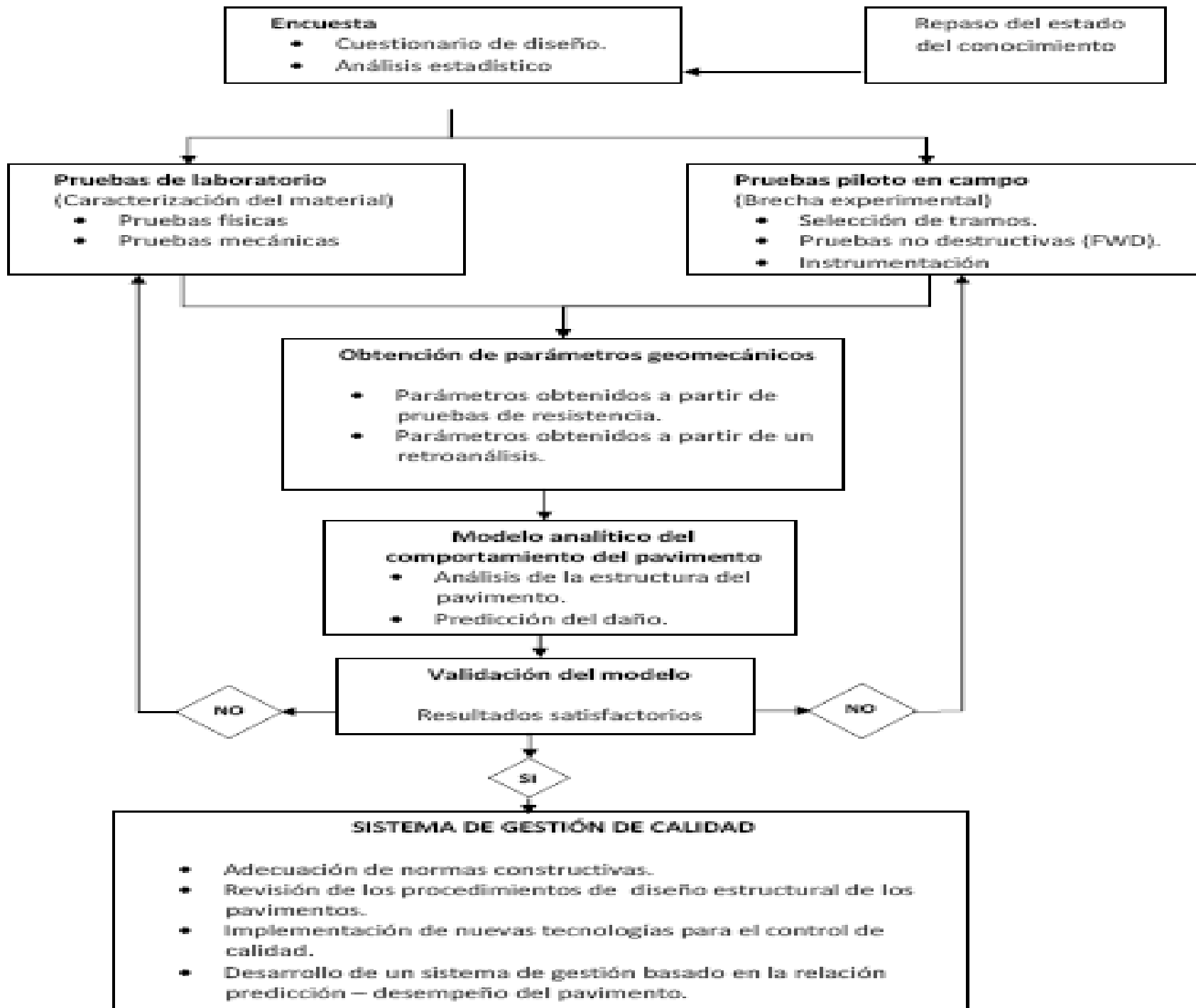
Gráfico: Índice de colapso de una arena limosa SM (Jensen et al., 2005)

Recomendaciones (Khogali, 1995)



Los controles de calidad de estos llenos deben enfocarse hacia parámetros de desempeño del pavimento (CBR, MR)

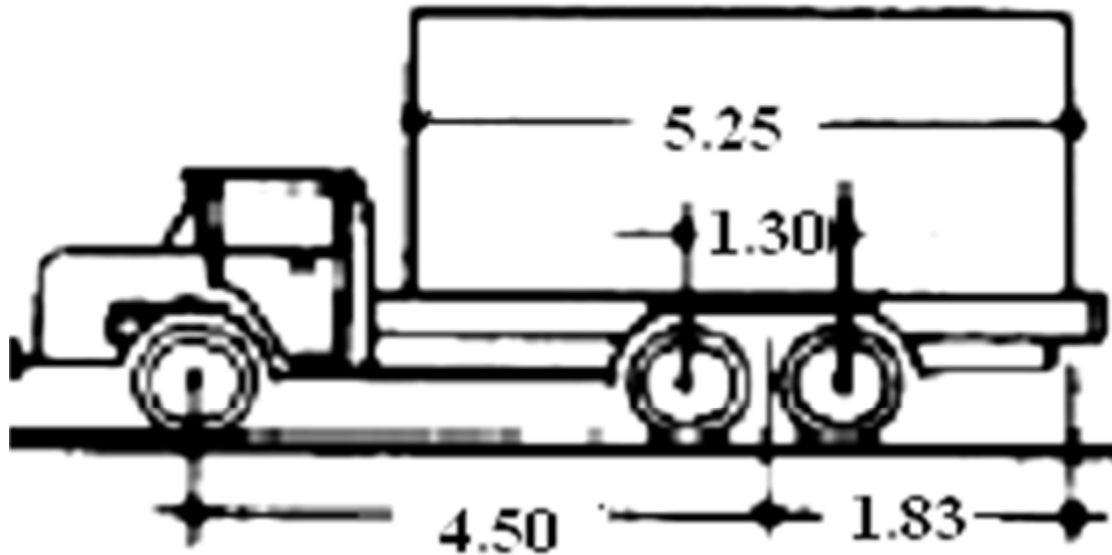
Gráfico: Densidad de compactación y humedad de compactación vs. Módulo de Resiliencia en una arena arcillosa (Khogali, 1995).



Muchas gracias

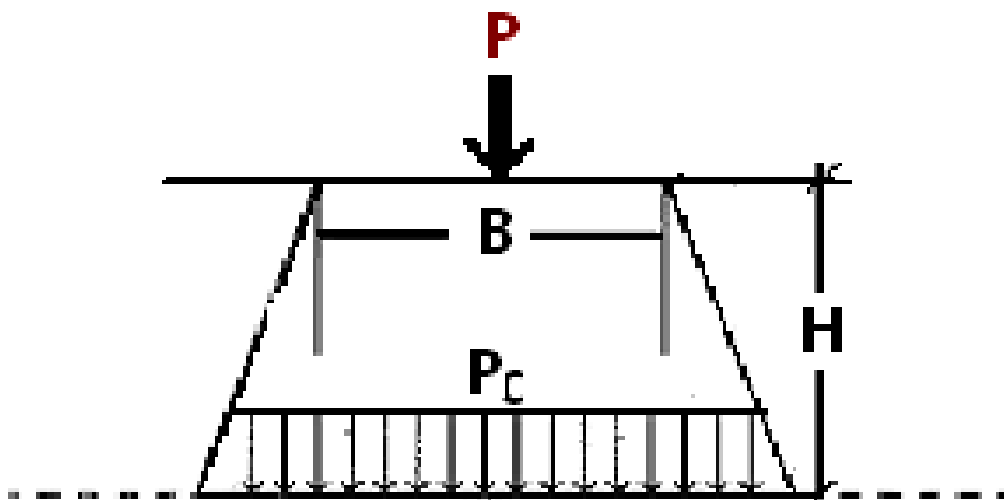
ANEXOS

ANEXO 1: Carga de tráfico



Vehículo tipo:
Bus o camión C3

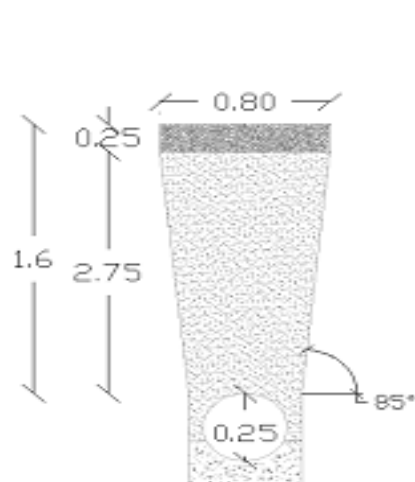
Atenuación de la carga
proporcional al cuadrado
de la profundidad.



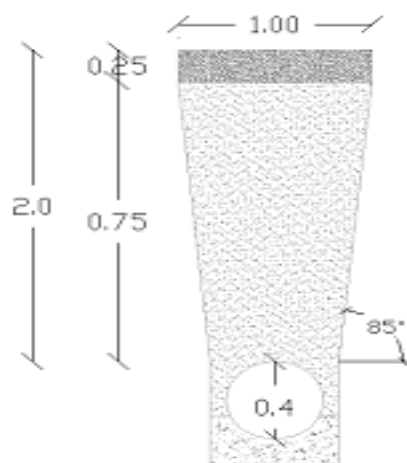
Carga equivalente
estática uniformemente
distribuida sobre la
superficie del lleno.

$$P_c = 55 \text{ kPa}$$

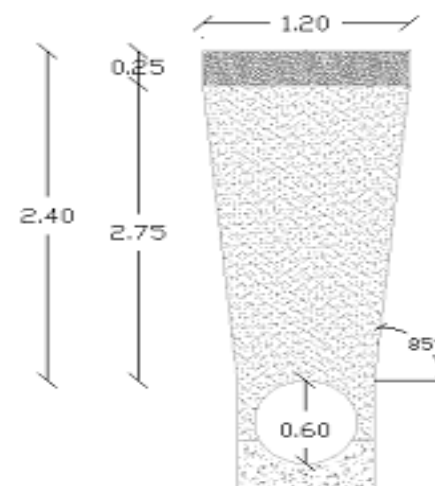
ANEXO 2: Geometrías típicas



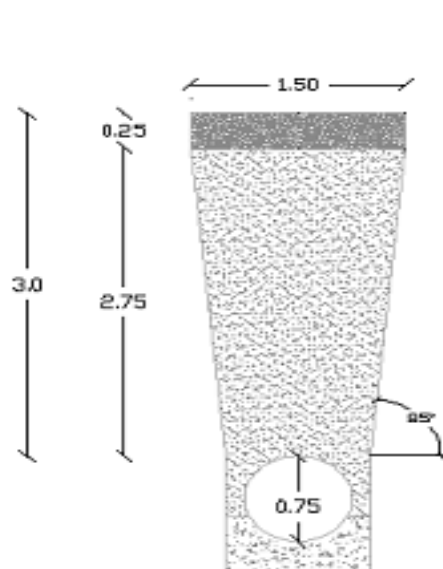
Tipo 1



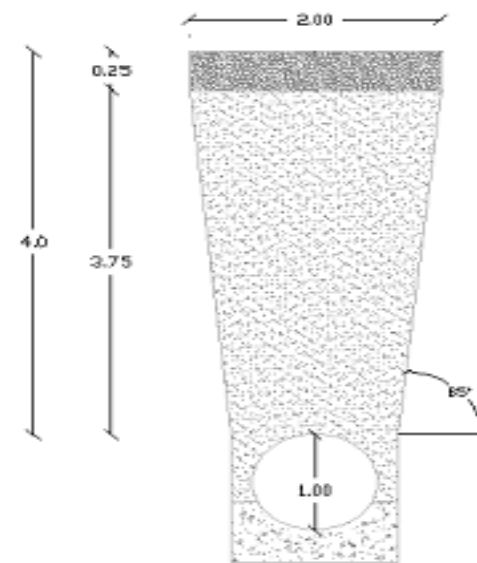
Tipo 2



Tipo 3



Tipo 4



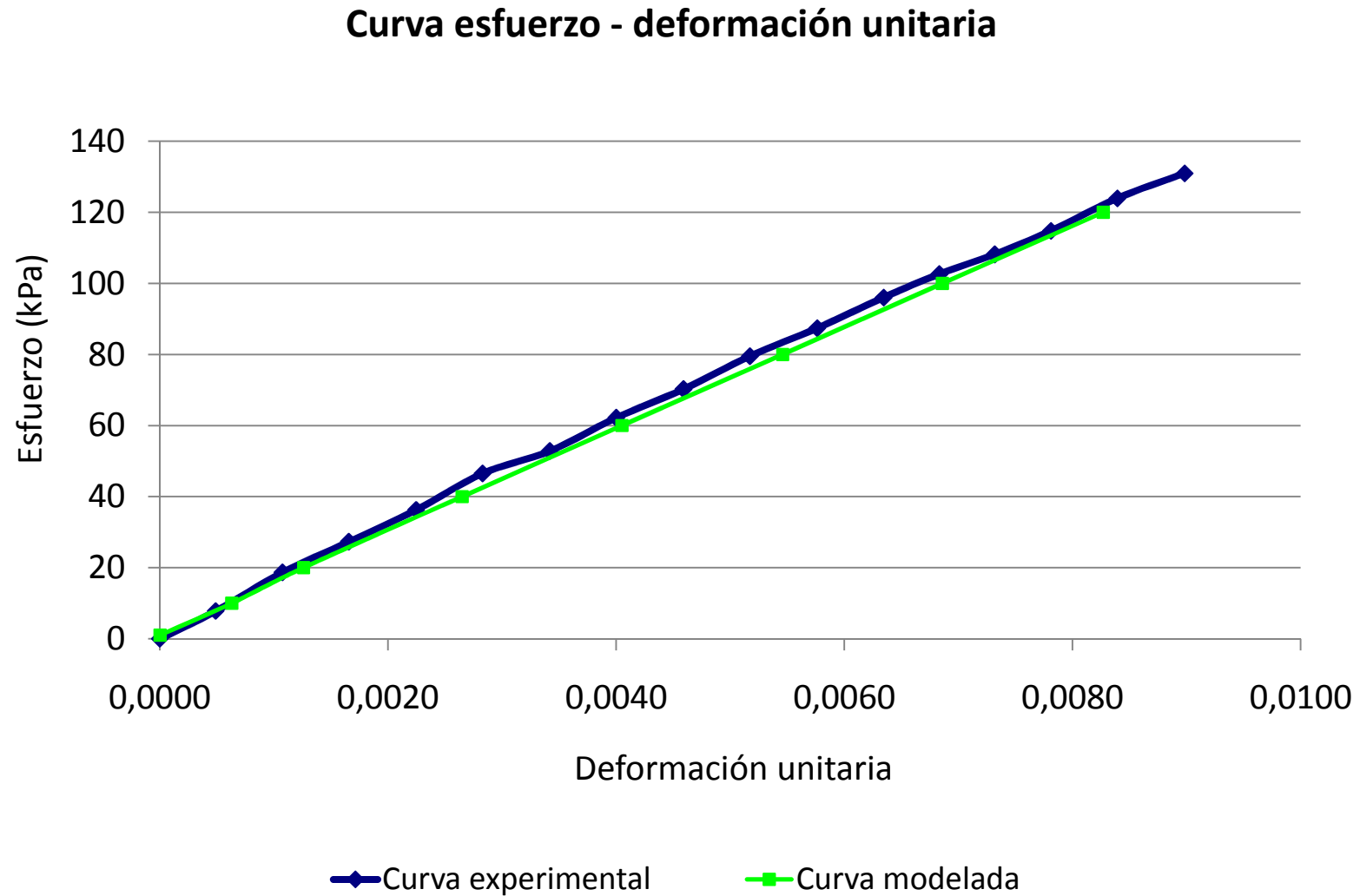
Tipo 5

ANEXO 3: Parámetros propuestos para el material estudiado

Denominación del material de lleno	Densidad seca	Porcentaje de compactación	Módulo elástico	Ángulo de fricción
-	γ (kN/m ³)	G.C. (%)	E (kN/m ²)	Φ' (°)
Material “muy bien compactado”	18.0	95%	21500	38
Material “bien compactado”	17.1	90%	18000	36
Material “regularmente compactado”	16.2	85%	13000	34
Material “mal compactado”	15.2	80%	9000	32

Valores experimentales obtenidos en esta investigación

ANEXO 4: Calibración del modelo numérico



ANEXO 5: Validación del modelo numérico

