

LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

- ✓ LA INGENIERÍA CIVIL UTILIZA UNA GRAN CANTIDAD DE MATERIALES Y TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS.
- ✓ PREDOMINAN LOS MATERIALES HETEROGÉNEOS Y OBTENIDOS COMO AGREGADOS DE FASES, EN COMBINACIONES MAS O MENOS ÍNTIMAS.
- ✓ MUCHAS VECES LA ELABORACIÓN DE LOS MATERIALES ES O TIENE TINTES ARTESANALES.
- ✓ EN LOS CASOS EN QUE SE UTILIZAN MATERIALES METÁLICOS, SE PUEDEN APLICAR LAS MISMAS TÉCNICAS QUE PARA LOS ENSAYOS MECÁNICOS.
- ✓ DONDE LOS MATERIALES SON HETEROGÉNEOS Y LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS IMPLICAN TRABAJOS DE CAMPO, MUCHAS VECES EFECTUADOS EN FORMA CASI DE ARTESANÍA, LAS TÉCNICAS DE ENSAYO REQUIEREN DE BUEN FUNDAMENTO, Y ENTRENAMIENTO DEL OPERADOR DE LOS ENSAYOS.
- ✓ MUCHAS VECES LAS DIMENSIONES INVOLUCRADAS SON MUY GRANDES, Y EL MUESTREO SE VUELVE COMPLEJO.
- ✓ REFERENCIA A ENSAYOS ESTRUCTURALES O DE RECEPCIÓN
- ✓ SE EFECTUARÁ UN RECUENTO DE LOS MÉTODOS DE CONTROL MÁS COMUNES, CON UN RESUMEN DE EXPERIENCIAS DE CAMPO.

LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

EJEMPLO 1

EDIFICIO CON ESTRUCTURA METÁLICA:

- a. EDIFICIO CONSTRUIDO ENTRE LOS AÑOS 1911 Y 195.
- b. SIN DOCUMENTACIÓN DE ESTRUCTURA.
- c. SE EFECTUARON CATEOS, MEDICIONES, ETC., PARA DETERMINAR ESQUEMA ESTRUCTURAL
- d. ÍDEM PARA DETERMINAR TIPOS Y SECCIONES DE PERFILES Y UNIONES
- e. ENSAYOS CON TINTAS PENETRANTES EN ALGUNAS UNIONES CRÍTICAS
- f. SE UTILIZÓ CON BASTANTE ÉXITO UN COVERMETER PARA HORMIGÓN PARA ENCONTRAR COLUMNAS EMBUTIDAS EN PAREDES.
- g. SE MIDIERON ESPESORES CON ULTRASONIDOS, PERO NO OBTUVIMOS BUENOS RESULTADOS EN PERFILES CON CORROSIÓN AVANZADA, DONDE LA INTENCIÓN ERA DETERMINAR LA SECCIÓN ÚTIL REMANENTE.



FOTO N°1 (UNION VIGA 110 CON COLUMNA 10)



FOTO N°3 (UNION VIGA 131 CON COLUMNA 40)

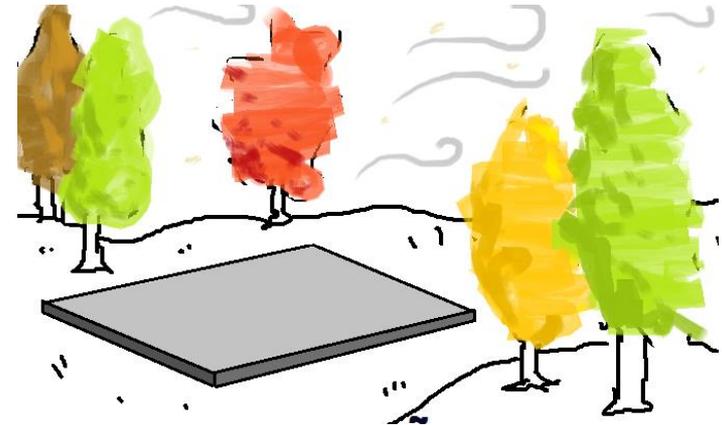
LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

EJEMPLO 2

LA PLATEA DE FUNDACIÓN O EL PISO DE LA FIGURA REQUIERE DE:

- a. MOVIMIENTO DE SUELOS, CON REQUISITOS DE CALIDAD DE SUELO DE APORTE, DENSIDAD REQUERIDA POR EL PROYECTO, AGREGADO DE CAL O CEMENTO, VALOR SOPORTE.
- b. PUEDE SER NECESARIO UBICAR INSTALACIONES Y BASES ENTERRADAS.
- c. HORMIGÓN SIMPLE, O CON REFUERZO DE ARMADURAS PASIVAS, ACTIVAS O FIBRAS ESTRUCTURALES.
- d. EL HORMIGÓN PUEDE SER DE ALTA PRESTACIÓN: RESISTENCIA SUPERIOR A LO CORRIENTE, RETRACCIÓN CONTROLADA O COMPENSADA, IMPERMEABILIDAD, FACILIDAD DE COLOCACIÓN MEDIANTE BOMBEO, TRABAJABILIDAD, ETC..
- e. PUEDE HABER REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y PLANITUD DE LA CARA SUPERIOR.
- f. PUEDEN INSTALARSE SOBRE LA SUPERFICIE REVESTIMIENTOS PERMEABLES O NO AL VAPOR DE AGUA, Y QUE MUCHAS VECES REQUIEREN DE HUMEDAD CONTROLADA AL APLICARLOS.
- g. PUEDE HABER REQUISITOS DE CONDUCTIVIDAD, COMO POR EJEMPLO EN LAS PLANTAS DE FABRICACIÓN Y ENSAMBLADOS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.
- h. TODAS ESAS PROPIEDADES DEBEN SER ENSAYADAS PARA ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS EXIGIDOS A LA CONSTRUCCIÓN.
- i. LOS ENSAYOS DE CUALQUIER TIPO MUCHAS VECES LLEGAN TARDE, CUANDO LA OBRA ESTÁ TERMINADA.
- j. ESTO REQUIERE DE ENSAYOS PREVIOS, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA OBRA.



LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

ENSAYOS DURANTE EL MOVIMIENTO DE SUELOS:

- ✓ LOS MOVIMIENTOS DE SUELO FORMAN PARTE DE LAS ESTRUCTURAS DE PISOS, PAVIMENTOS Y PLATEAS DE FUNDACIÓN.
- ✓ LOS ENSAYOS DE CONTROL Y RECEPCIÓN DE UN MOVIMIENTO DE SUELOS CONSISTEN DETERMINAR LA DENSIDAD DEL SUELO COMPACTADO, Y COMPARARLA CON LA ESPECIFICADA O ACORDADA Y EL TIPO DE SUELO APROBADO.
- ✓ EL MÉTODO TRADICIONAL CONSISTE EN EXCAVAR UN VOLUMEN DE ALGUNOS dm³, Y DETERMINAR LA DENSIDAD MEDIANTE LA MEDICIÓN DEL VOLUMEN EXCAVADO, Y PESANDO EL SUELO SECO.
- ✓ EXISTEN MÉTODOS “ND”: POR EJEMPLO DENSÍMETRO NUCLEAR, Y PENETRÓMETROS PARA SUELOS.
- ✓ LOS DENSÍMETROS NUCLEARES SON FÁCILES DE UTILIZAR, PERO HAN CAÍDO EN DESUSO POR LAS RESTRICCIONES AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD DEL PERSONAL QUE UTILIZA ESOS EQUIPOS.
- ✓ LOS PENETRÓMETROS REQUIEREN CALIBRACIÓN EN UN SECTOR DE MOVIMIENTO DE SUELOS APROBADO. SON MUY FÁCILES DE UTILIZAR, PERO BRINDAN INFORMACIÓN CUALITATIVA Y NO CUANTITATIVA.
- ✓ NO SE PUEDEN UTILIZAR PARA APROBAR UN MOVIMIENTO DE SUELOS. SIN EMBARGO, SON MUY ÚTILES PARA CONTROLAR EL TRABAJO DE COMPACTACIÓN A MEDIDA QUE SE EJECUTA.
- ✓ EN OBRAS PEQUEÑAS, DEL TAMAÑO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES, DONDE NO ES FACTIBLE NI SIQUIERA UTILIZAR MAQUINARIA VIAL, BRINDAN UNA GRAN AYUDA.
- ✓ OTRO ENSAYO: ¡CONTROLAR NIVELES!



LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

UBICACIÓN DE ARMADURAS, Y ELEMENTOS ENTERRADOS U OCULTOS:

- ✓ ULTRASONIDO: REQUIERE CONOCER LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL HORMIGÓN, O UN ESPESOR PARA CALCULARLA CONOCIENDO EL TIEMPO DE REBOTE. ES COMPLEJO INTERPRETAR LAS SEÑALES.
- ✓ GEORADAR: REQUIERE CONOCER LA CONSTANTE DIELECTRICA DEL HORMIGÓN, QUE DEPENDE ADÉMÁS DE SU EDAD Y HUMEDAD DEL MISMO. ES UN EXCELENTE MÉTODO INCLUSO A GRAN PROFUNDIDAD EXISTEN DISTINTOS TIPOS DE GEORADARES. LOS MAS COMPLETOS POSEEN ANTENAS INTERCAMBIABLES.
- ✓ ULTRASONIDO Y SOBRE TODO GEORADARES PERMITEN MUESTREOS EN ÁREAS INCLUSO DE GRAN TAMAÑO.
- ✓ GAMMAGRAFÍA: ES EL MÉTODO MÁS PRECISO, PERO REQUIERE DE PROGRAMACIÓN, TIEMPOS DE EXPOSICIÓN, REVELADO DE LAS PLACAS Y ELABORACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA. PERMITE DETECTAR LA PRESENCIA DE ARMADURAS, E INCLUSO FIBRAS METÁLICAS.
- ✓ EL MUESTREO DE LA TOMOGRAFÍA ES PUNTUAL..
- ✓ LA TOMOGRAFÍA PERMITE DETECTAR FISURAS, DEFECTOS, Y ARMADURAS CORROÍDAS.

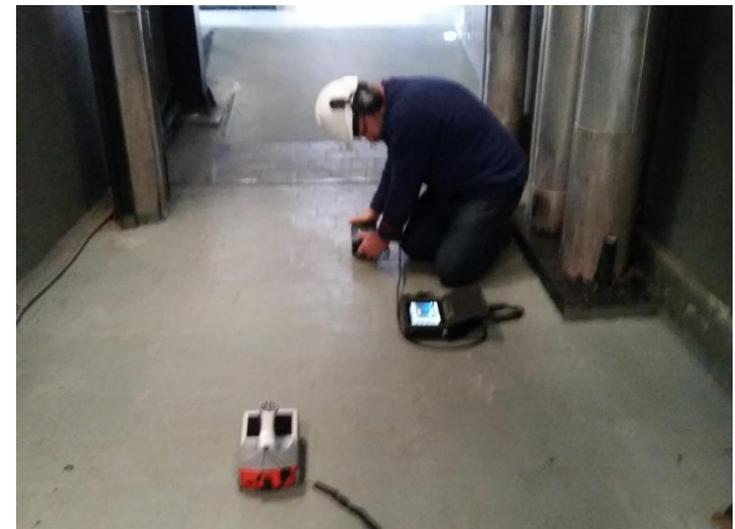
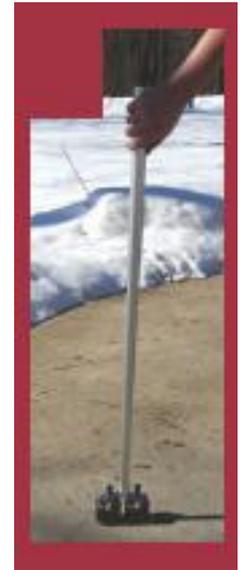


LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE ESPESOR DE HORMIGÓN:

- ✓ PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE CAPAS CONSTRUIDAS O EXISTENTES, O ESPESORES MÍNIMOS Y MÁXIMOS, INCLUSO EN ÁREAS RELATIVAMENTE GRANDES.
- ✓ TAMBIÉN COMO CONTROL DEL HORMIGÓN REALMENTE CONSUMIDO, EN CASO DE REGLAS FLEXIBLES EN PISO O PAVIMENTOS.
- ✓ ES ACONSEJABLE UTILIZAR AMBOS MÉTODOS Y COMPARAR RESULTADOS, DADAS LAS INCERTIDUMBRES EN LOS DATOS DE ENTRADA QUE SE CARGAN EN LOS INSTRUMENTOS.
- ✓ LA TOMOGRAFÍA DE HORMIGÓN PERMITE VERIFICAR ESPESORES, PERO ES MÁS ONEROSA, Y LOS RESULTADOS SON PUNTUALES.

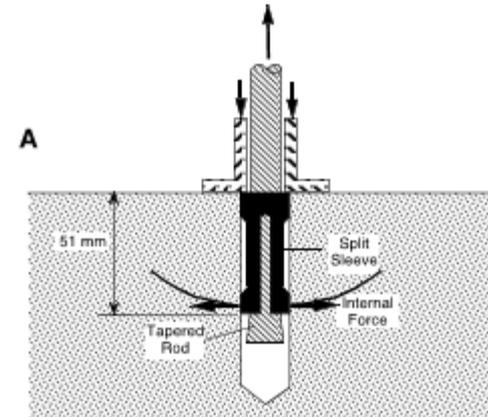


LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

ENSAYOS DE RESISTENCIA SOBRE EL HORMIGÓN ENDURECIDO (1):

- ✓ EXISTEN VARIOS DISPOSITIVOS END PARA ENSAYOS SOBRE HORMIGÓN ENDURECIDO: ULTRASONIDO, ESCLEROMETRÍA, PULL OUT, ETC.
- ✓ EL PULL OUT DE COLOCACIÓN EN H° ENDURECIDO, CONSISTE EN EXTRAER UN ANCLAJE DE COLOCACIÓN EN SECO CON UN DISPOSITIVO HIDRÁULICO, QUE MIDE LA FUERZA DE ARRANCAMIENTO, ES SEMIDESTRUCTIVO.
- ✓ EL ULTRASONIDO REQUIERE DE CALIBRAR LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL HORMIGÓN CON PROBETAS O TESTIGOS.
- ✓ EL ULTRASONIDO ES MUY ÚTIL PARA DETERMINAR EL PASAJE DEL ESTADO PLÁSTICO AL SÓLIDO DEL H°, YA QUE EN ESTADO PLÁSTICO NO SE TRANSMITE EL SONIDO. PUEDE SERVIR PARA EFECTUAR TERMINACIONES SUPERFICIALES, APLICAR REVESTIMIENTOS, INVALORABLE EN LABORATORIO PARA CONTROLAR TIEMPO DE FIN DE FRAGÜE, ETC.
- ✓ EL MÉTODO ESCLEROMÉTRICO O DEL MARTILLO DE HORMIGÓN ES MENOS CONFIABLE, PERO MUY FÁCIL DE USAR.
- ✓ REQUIEREN DE LIMPIEZA O PULIDO DE LA SUPERFICIE, Y CONSIDERACIÓN DE LA EDAD Y CARBONATACIÓN DEL HORMIGÓN.
- ✓ LOS MARTILLOS DIGITALES MODERNOS TRAEN INCORPORADAS NORMAS DE ENSAYOS, Y CONTROLAN AUTOMÁTICAMENTE EL NÚMERO MÍNIMO DE GOLPES PARA VALIDAR RESULTADOS.



LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

ENSAYOS DE RESITENCIA SOBRE EL HORMIGÓN ENDURECIDO (2):

- ✓ TAMBIÉN INDICAN FALSOS RESULTADOS, POR EXCESIVA DISPERSIÓN EN EL NÚMERO DE GOLPES.
- ✓ LAS CURVAS DE RESISTENCIA REBOTE – RESISTENCIA “BUILT IN” ACERCAN BASTANTE LOS RESULTADOS A LOS QUE SE OBTIENEN MEDIANTE ENSAYOS DE TESTIGOS O PROBETAS.
- ✓ EN GENERAL SE PUEDEN CARGAR CURVAS PROPIAS.
- ✓ PERMITEN INCORPORAR A LA MEDICIÓN COEFICIENTES DE EDAD Y CARBONATACIÓN.
- ✓ AL COMPARR RESISTENCIAS CON LAS OBTENIDAS POR MÉTODOS CONVENCIONALES, SON MAS ÚTILES LAS DESVIACIONES ESTÁNDAR QUE LAS RESISTENCIAS PROMEDIO, QUE SE PUEDEN ESCALAR.
- ✓ EN COMBINACIÓN CON ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE TESTIGOS SE VUELVE UNA HERRAMIENTA MUY ÚTIL.



LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN:

- ✓ NO ES UN TÓPICO SOBRE EL QUE SE EFECTÚEN ENSAYOS, HABITUALMENTE.
- ✓ EN PISOS INDUSTRIALES, SUELE HABER PROBLEMAS DE ABRASIÓN Y RAYADO.
- ✓ A VECES NO ES FÁCIL DISCERNIR SI LOS PROBLEMAS DE DESGASTE SE DEBEN A MAL USO DEL PISO, O A ESCASA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE LA SUPERFICIE DE DESGASTE.
- ✓ SI LA TERMINACIÓN ES HOMOGÉNEA (MORTERO ORGÁNICO), SE PUEDE HACER UN ENSAYO CON LÁPIZ DE PUNTA DE DIAMANTE.
- ✓ SI ES HORMIGÓN, HAY QUE UTILIZAR DISPOSITIVOS ROTATIVOS NORMALIZADO, QUE GENERE UN DESGASTE. CON UN COMPARADOR SE MIDE LA IMPRONTA QUE GENERA EL DISPOSITIVO.
- ✓ EXISTEN NORMAS QUE CORRELACIONAN LA PROFUNDIDAD DE LA HUELLA CON EL TIPO DE USO DEL PISO.

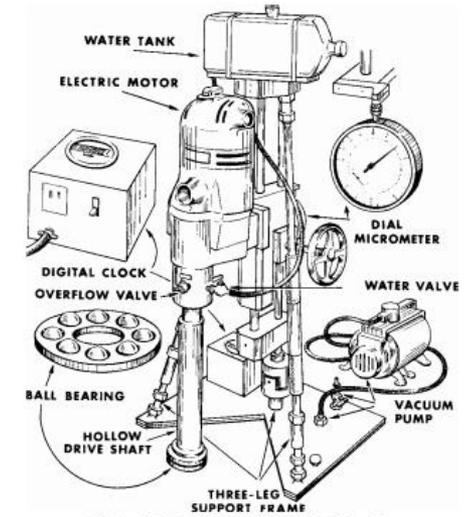
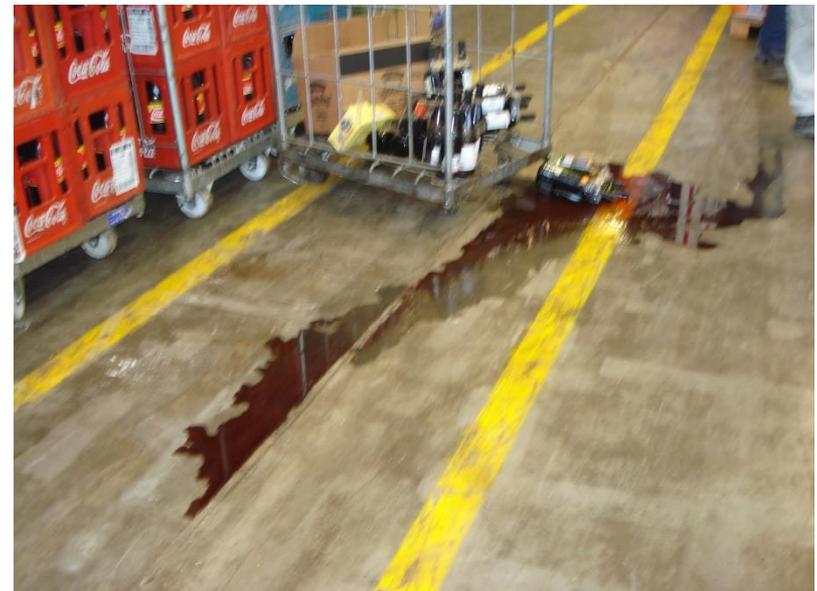


FIG. 3 Ball Bearing Abrasion Test Machine

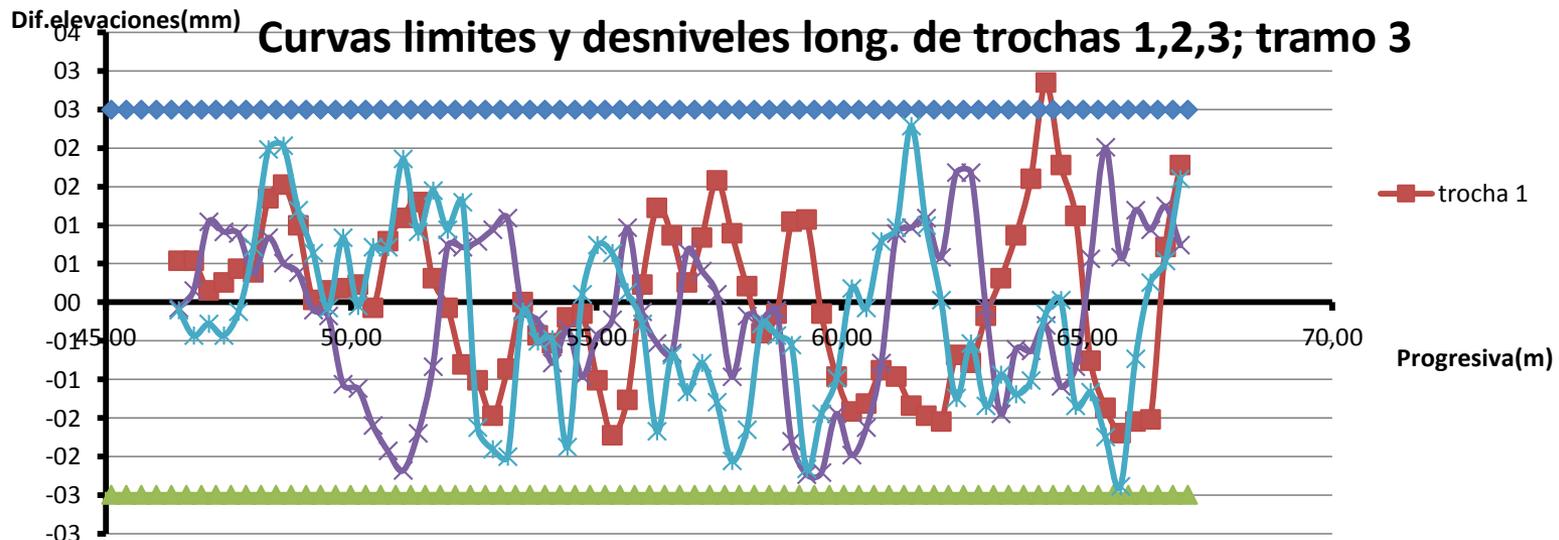
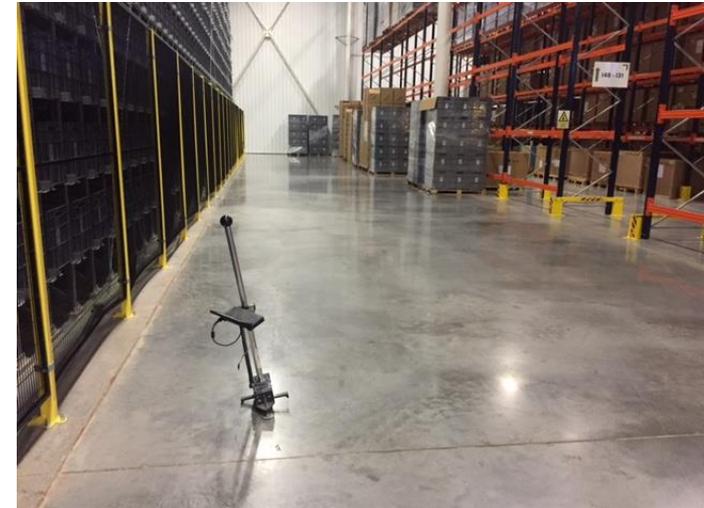


LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

NIVELACIÓN Y PLANITUD DE PISOS (1):

- ✓ LOS PISOS INDUSTRIALES MODERNOS CADA VEZ TIENEN MPAS REQUISITOS DE NIVELACIÓN, POR DISTINTOS TIPOS DE USO.
- ✓ ALMACENAMIENTO EN ALTURA CON EQUIPOS TIPO TRI Y BI LOADER, ROBOTS FILO O AUTOGUIADOS, ETC.
- ✓ EN EL CASO DE DEPÓSITOS, DEBE DISTINGUIRSE SI EL USO VA A SER DE PASILLOS ANGOSTOS O ANCHOS, EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ALMACENAMIENTO Y EQUIPO QUE SE VA A UTILIZAR.
- ✓ LA MEDICIÓN DE PLANITUD SE EFECTÚA CON ECLÍMETROS A CUERDA VIBRANTE.
- ✓ TAMBIÉN CON EQUIPAMIENTO TOPOGRÁFICO DE PRECISIÓN.
- ✓ SE OBSERVA UN GRÁFICO DE NIVELES OBTENIDAS EN UN PASILLO DE UN PISO HIPERPLANO, CON TOLERANCIA ± 3 mm.

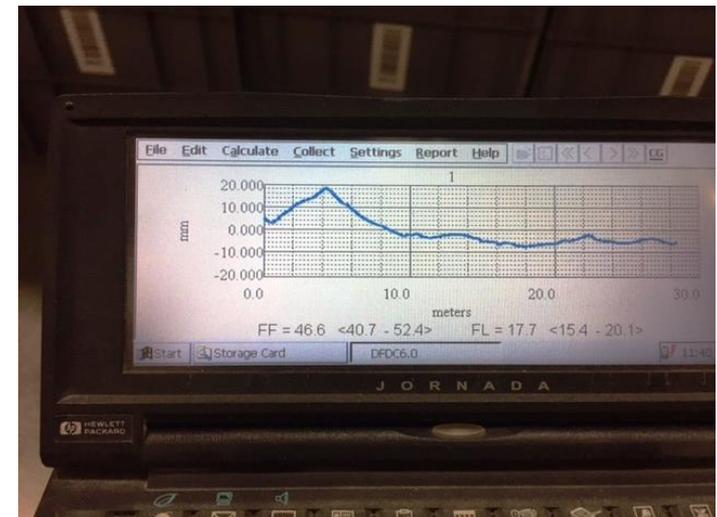
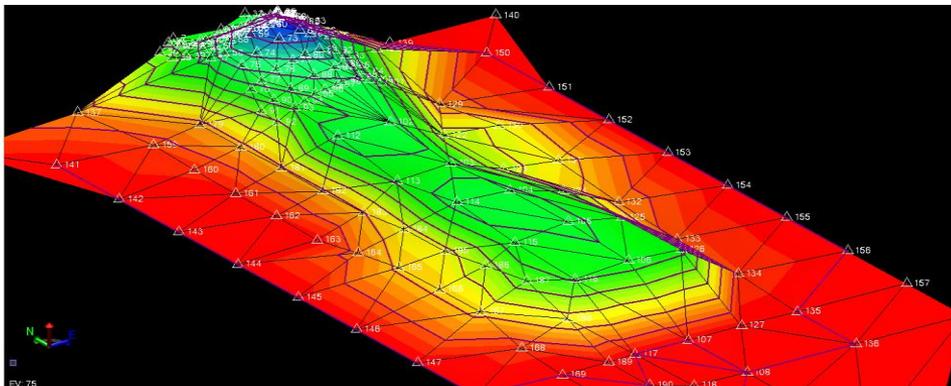


LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN LA INGENIERÍA CIVIL: DIÁLOGO ENTRE PRESTADORES Y USUARIOS

Sebastián Laprida
Ingeniero Civil

NIVELACIÓN Y PLANITUD DE PISOS (2):

- ✓ EN UN CASO RECIENTE, A LOS 15 MESES DE CONSTRUIDO, EL COMITENTE EFECTUÓ UN RECLAMO POR LA APARICIÓN DE FISURAS, CON UN PATRÓN ATÍPICO.
- ✓ ALEGÓ VICIOS EN LA CONSTRUCCIÓN.
- ✓ COMO EL SECTOR CORRESPONDÍA A LA NIVELACIÓN DE LA LÁMINA ANTERIOR, SE EFECTUÓ UNA NUEVA CORRIDA CON ECLÍMETRO, CUYA PANTALLA MOSTRÓ LA LECTURA DE LA FOTO.
- ✓ ESTO LLEVÓ A EFECTUAR UNA VIVELACIÓN DE PRECISIÓN, DE LA CUAL SE OBTUVO UNA IMAGEN 3D, QUE MUESTRA UNA CUCHILLA DE UNOS 30 m DE LONGITUD, Y 50 mm DE ALTURA..
- ✓ LA EXISTENCIA DE ARCILLAS EXPANSIVAS EN EL SUSTRATO SE VERIFICÓ MEDIANTE 3 ESTUDIOS DE SUELOS, EJECUTADOS LUEGO DE CONSTRUIDO ESE PISO HIPERPLANO.



ALGUNOS COMENTARIOS FINALES

- ✓ EL CAMPO DE ENSAYOS ES ENORME.
- ✓ NO TRATAMOS ENSAYOS RELATIVOS A DURABILIDAD, NI DE TENACIDAD SUPERFICIAL PARA APLICAR REVESTIMIENTOS ADHERIDOS, NI DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE REVESTIMIENTOS, ENTRE MUCHOS OTROS.
- ✓ LOS EQUIPOS DE ENSAYO COMERCIALES SON COSTOSOS, Y LA AMORTIZACIÓN TIENE QUE OBTENERSE CON LOS ENSAYOS, LO QUE ESTABLECE UN PISO PARA EL COSTO DE LOS MISMOS.
- ✓ LOS OPERARIOS REQUIEREN DE CALIFICACIÓN.
- ✓ HAY SITUACIONES QUE NO PUEDEN RESOLVERSE CON END.
- ✓ ES CONVENIENTE EFECTUAR ENSAYOS CON TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS.
- ✓ EN LOS ÚLTIMOS 15 O 20 AÑOS HAN APARECIDO ENORME CANTIDAD DE INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE ENSAYO.
- ✓ ¡SIEMPRE APLICAR EL INGENIO BIEN FUNDAMENTADO! ÉSA ES LA TAREA DEL INGENIERO