
Manual de Operaciones

CPN MC-3 Elite

Densímetro Nuclear



Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y COMPONENTES DEL DENSÍMETRO | 1 |
| CAPÍTULO 2: INICIO | 3 |
| CAPÍTULO 3: FUNCIONES DEL MENÚ..... | 15 |
| CAPÍTULO 4: TEORÍA DE LA RADIACIÓN..... | 33 |
| CAPÍTULO 5: PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN Y SALUD RADIOLÓGICA... | 37 |
| CAPÍTULO 6: TRANSPORTE | 45 |
| CAPÍTULO 7: TEORÍA DEL DENSÍMETRO | 61 |
| CHAPTER 8: MANTENCIÓN DE RUTINA Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS..... | 67 |
| CAPÍTULO 9: ESPECIFICACIONES Y APÉNDICES..... | 72 |

Capítulo 1: Introducción y componentes del densímetro

Introducción

Gracias por adquirir el densímetro nuclear InstroTek/CPN Model MC-3 Elite. CPN es líder mundial en el desarrollo e impulso de los densímetros nucleares desde hace más de 45 años. Además de construir equipos para realizar mediciones, tienen densímetros nucleares que se emplean en una variedad de aplicaciones, tales como la agricultura y control de irrigación, densidad del carbón y determinación de la humedad, medición de la humedad en aislamiento de tuberías y muchos más. El densímetro Elite fue diseñado para satisfacer las demandas del Mercado de la construcción y entrega confiabilidad, precisión y costos reducidos. Sabemos que espera que sus instrumentos trabajen sin problemas en terreno, por ello hemos utilizado la última tecnología en electrónica y en los componentes mecánicos en el diseño del densímetro Elite para reducir el efecto de la humedad y el polvo. La electrónica de Elite tiene una trayectoria comprobada y ha sido puesta a prueba exitosamente durante años en los adversos ambientes de construcción.

Nuestra meta en este desarrollo es ofrecer a los clientes un densímetro confiable a un buen precio, con características útiles de fácil operación. Las características del software son fáciles de entender. La pantalla de cuatro líneas con grandes caracteres e instrucciones intuitivas le ayuda al operador a navegar a través de las diferentes funciones. Las características de diagnóstico permiten que el operar haga un diagnóstico de los problemas del densímetro en terreno, con lo que se reduce el tiempo de paro y se aumenta la disponibilidad del densímetro para realizar pruebas.

El desarrollo y fabricación de densímetros no es nuevo en INSTROTEK/cpn. Los últimos 45 años hemos desarrollado densímetros para muchas industrias de ensayo de diferentes materiales. Nuestro staff técnico está compuesto por los desarrolladores e ingenieros más experimentados en densímetros nucleares del mundo. Creemos que se impresionará con el MC-3 Elite y su funcionalidad.

Nos alegramos por su compra del densímetro nuclear MC-3Elite y esperamos entregarle un servicio excepcional de gran experiencia junto con un densímetro de calidad superior.

Modelo MC-3Elite y Accesorios Estándar



Fig 1.1 MC-3 Elite densímetro nuclear & accesorios

1. Modelo MC-3 Elite
2. Bloque de referencia estándar
3. Placa para raspado
4. Extractor
5. Varilla de perforación
6. Caja de transporte tipo A
7. Cargador AC y DC, uno de cada uno
8. Manual de operaciones y documentos del densímetro
9. Candados para el densímetro y la caja de transporte

Capítulo 2: Inicio

Operación del Modelo MC-3Elite

En este capítulo se tratan las operaciones básicas del densímetro, desde el encendido del mismo hasta hacer mediciones. Este manual también se debe usar para actualizar Smart-MC a densímetros MC1 DRP y MC3.

Se recomienda leer este manual y entender la operación del densímetro antes de usarlo.

Importante: Para usar este densímetro, el operador debe cumplir con y entender las disposiciones de la licencia de materiales radioactivos bajo los cuales está autorizado a operar este densímetro.

Cargar las baterías

Cuando encienda el densímetro por primera vez, revise la advertencia de batería baja (aparece “N” o “NA”). Si no aparece la advertencia de batería baja en la pantalla no necesita cargar las baterías y el densímetro está listo para ser usado.

El MC-3 Elite contiene 6 baterías AA NiMH soldadas, las que se cargan en fábrica antes de la calibración. La vida útil de las baterías recargables depende del número de ciclos de carga/descarga. Para mejores resultados, cargue las baterías solo cuando aparece la advertencia de batería baja en la pantalla. Cuando las baterías se estén descargando, aparecerá “N” en la parte superior derecha de la pantalla. Cuando las baterías estén totalmente descargadas, aparecerá “NA” y el densímetro pasará a utilizar las baterías alcalinas de respaldo.

Se puede usar el cargador DC suministrado para hacer cargas de emergencia en terreno. Enchufe el cargador a la salida del cargador del vehículo y cargue el densímetro durante 30 minutos. Esto debería suministrar energía suficiente al densímetro para completar las pruebas de un día. Después de un día completo de operación, cargue el densímetro durante la noche.

Cuando se están cargando las baterías, aparecerá una “C” en la esquina superior derecha de la pantalla. No se debe apagar el densímetro durante el proceso de carga. El densímetro cuenta con un chip SmartCharge que evita las sobrecargas de las baterías.

Encendido del densímetro

Use la tecla ON/YES para encender el densímetro. Una vez encendido, el CPN Elite activará las siguientes pantallas de Auto-Test:

Nota: Para cuidar la vida útil de las baterías durante operaciones de prolongadas, el densímetro pasará al modo apagado si no se presiona alguna tecla por más de una hora. Vuelva a presionar la tecla ON cuando esté listo para continuar. El densímetro no volverá a ejecutar el Auto-Test si se apagó gracias a la función “ ‘inactive gauge shut down’ (apagado automático por inactividad).

CPN Elite
Version: #.##

El Auto-Test demorará aproximadamente 15 segundos y verificará el funcionamiento apropiado del teclado, los detectores de humedad y densidad, y el alto voltaje.

High Voltage
Test

Calibration
Reminder

Después de que el Auto-Test se ha ejecutado exitosamente, el densímetro pasará a la pantalla Ready (Listo). Si se detecta una falla durante la ejecución del Auto-Test, uno o todos los siguientes mensajes aparecerán en la pantalla:

1. KeypadTestFailed (Test del Teclado Falló)- Esto indica que el teclado está con problemas o que una tecla está pegada. Si presiona cualquier tecla del teclado durante este test, se desplegará este error. Si se presiona por error una tecla durante la ejecución de este test, simplemente apague el densímetro y luego vuelva a ejecutar el test. Si el error vuelve a aparecer, tome contacto con el representante de InstroTek.

2. He-3TubeFailure (Falla de tubo He-3)- Si el densímetro está sobre el bloque de referencia estándar durante la ejecución del Auto-Test, es posible que se produzca un problema con los elementos electrónicos o con el tubo He-3. Si el densímetro no está sobre el bloque de referencia estándar, colóquelo sobre él y repita el test. Contacte al representante de InstroTek si se repite el error; si el Auto-Test se ejecuta exitosamente, el densímetro pasará al estado listo.

3. GMtubefailure – (Falla del tubo GM) Este error indica que uno o ambos tubos no está funcionando. Contacte al representante de InstroTek.

4. HighVoltageFailure- (Falla de Alto Voltaje) Esto indica que el alto voltaje no está funcionando adecuadamente.

Importante: Siempre es conveniente encender el densímetro y dejar que se ejecute el auto-test antes de salir a terreno para verificar que MC-3 Elite esté funcionando adecuadamente. Coloque el densímetro sobre el bloque de referencia estándar y revise los resultados del auto-test y asegúrese de que no hayan fallas. Cargue las baterías, si es necesario, con el cargador DC o AC suministrado. Vea la sección Carga de Baterías.

Ajuste de las Unidades de Medición

Las unidades de medición por defecto del densímetro son lb/p³ (PCF). Estas unidades pueden cambiarse a kg/m³ o g/cc con los siguientes pasos:

Presione el botón **MENU**, la primera pantalla será:

```
1. Recall
2. Set Depth
Up/DOWN FOR Next
Select#,ESC Exit
```

Baje 5 pantallas

```
11. Auto Scroll
12. Set Units
Up/DOWN FOR Next
Select#,ESC Exit
```

Presione **12** (botón **1** y luego **2**)

```
1. PCF
2. kg/m3
3. GCC
Select#,ESC Exit
```

Use los botones con números para seleccionar 1 para PCF (libras por pie cúbico), 2 para kg/m³, o 3 para g/cc.

Después de seleccionada la Unidad de Medición, Elite regresa a Menú

```
11. Auto Scroll
12. Set Units
Up/DOWN FOR Next
Select#,ESC Exit
```

Presione **ESC** para volver a la pantalla gauge ready (Densímetro listo).

```
GAUGE READY  
COUNT TIME: 1 min.  
Depth: BS OFFSET: N  
02/16/2013 12:07 PM
```

Ajuste del tiempo de duración del Test

El densímetro cuenta con cuatro tiempos de duración del test diferentes: 15 seg – 30 seg – 1 min y 4 minutos. A mayor duración del test, mayor es la precisión del densímetro. En general, un test de un minuto de duración dará una precisión dos veces mejor que un tiempo de 15 segundos y un tiempo de 4 minutos entrega una precisión dos veces mejor que el test de un minuto. Remítase a sus especificaciones locales para seleccionar el tiempo de duración apropiado del test.

Presione el botón **TIME** (tiempo) en el panel frontal

```
Cnt Time: 15sec.  
UP/DOWN TO CHANGE  
YES to Accept  
ESC to Exit
```

Suba o baje hasta el tiempo deseado
(15 segundos, 30 segundos, 1 minuto, o 4 minutos)

Presione YES una vez seleccionado el tiempo. Volverá a la pantalla densímetro listo.

```
GAUGE READY  
COUNT TIME: 1 min.  
Depth: BS OFFSET: N  
02/16/2013 12:07 PM
```

Profundidad de medición

El densímetro Elite gauge está diseñado y equipado con un indicador de profundidad magnético automático de no contacto. La profundidad se lee automáticamente cuando baja la fuente a la posición de medición y se han seleccionado las constantes apropiadas para el cálculo de la densidad.

El densímetro puede ajustarse en el modo de profundidad manual, para lo cual hay que desactivar la función modo de profundidad Automático en el Menú de funciones.

Tomar un conteo diario estándar

Es muy importante tomar al menos un conteo estándar diario en cada lugar de trabajo. El conteo estándar de humedad debe estar dentro del 1% del promedio de los cuatro conteos estándar previos. Si han pasado más de tres meses desde el promedio de los cuatro conteos estándar previos, tome cuatro conteos estándar nuevos y genere un nuevo promedio para comparación. También debe revisar que el conteo estándar de la densidad esté dentro del conteo estándar esperado de acuerdo a los documentos de calibración.

El conteo estándar se emplea para corregir la desintegración radioactiva, especialmente en el caso de fuente Cs-137 para medir densidad. Un buen indicador de la operación diaria del densímetro es mantener un registro de los conteos estándar diarios. Elite guarda los últimos 30 conteos estándar en su memoria. Estos registros pueden recuperarse y revisarse desde el MENÚ funciones. Para obtener el conteo estándar más representativo en terreno, deje que el densímetro se estabilice en el ambiente de terreno por al menos 15 minutos. Recuerde seguir los siguientes pasos al momento de tomar conteos estándar:

1. Encuentre un lugar nivelado cerca del sitio de prueba e instale su bloque de referencia estándar de polietileno.
2. Coloque el densímetro sobre el bloque de referencia estándar en una superficie nivelada; el lado del teclado del densímetro debe ser empujado contra la placa trasera metálica. Ver Fig. 2.1.
3. Asegúrese de que bloque de referencia estándar esté colocado sobre un material denso, tal como suelo, asfalto o concreto. No tome conteos estándar sobre plataformas de camiones, tablas o pisos no sólidos.
4. Cuando coloque la varilla fuente en la muesca de posición "SAFE" (SEGURO), golpee suavemente hacia abajo sin presionar el disparador para asegurarse de que la varilla de extracción con asa quede firmemente asentada dentro de la muesca. Asegúrese de que la manilla quede razonablemente paralela al densímetro.



Fig 2.1 Posición de conteo de referencia estándar

Presione la tecla **STD** ubicado en el panel frontal. El Conteo Estándar mostrará el conteo estándar previo.

```
DS= ###  
MS= ###  
Take New Std Count?  
Press YES or NO
```

Presione la tecla **ON/YES** para tomar un Nuevo conteo o presione **OFF/NO** para cancelar e ir a la pantalla “densímetro listo”.

```
Place Gauge on Poly  
Std. Block in SAFE  
Position  
Press Start
```

Presione la tecla **START/ENTER**. En el modo Auto Depth (Auto profundidad), si la varilla fuente no está en la posición Segura (Safe), el densímetro mostrará un mensaje que indica “Depth not at Safe Position” (Profundidad no está en posición segura).

El equipo comenzará el conteo regresivo desde 240 segundos (4 minutos).

```
Standard Count  
Time: 240 sec.
```

Después de 240 segundos se mostrarán los resultados del conteo estándar

```
DS= ###  
MS= ###  
Use New STD CNT?  
Press YES or NO
```

DS es el conteo estándar de densidad y MS es el conteo estándar de humedad. Registre estos números en su Registro Estándar Diario (notebook) y luego presione la tecla **ON/YES**.

Aparecerá la pantalla “densímetro listo” y podrá empezar a realizar las pruebas.

Nota: Si no hay conteos estándar en el densímetro, aparecerá el mensaje “Invalid Std” (Estándar inválido); tome un nuevo conteo estándar antes de realizar las pruebas.

Ajuste de los valores de densidad Meta/Laboratorio

El densímetro calcula y muestra la compactación porcentual en base a los valores de laboratorio definidos por el usuario. Presione la tecla **MA/PR** para poder ingresar el valor de laboratorio. Seleccione PR (Proctor) para materiales suelo/agregado y Max. Dens. (Marshall o densidad máxima de laboratorio) para compactación porcentual en materiales asfálticos.

Después de cada medición se calculan y muestran automáticamente %MA y %PR.

Presione la tecla **MA/PR**

```
1. Proctor
2. Max. Dens

Select #, ESC Exit
```

Si va a ajustar el valor meta de suelo PR (Proctor), presione 1. Si va a ajustar el valor meta de asfalto Max. Dens, presione 2.

Proctor

```
PR: #### PCF
Change value?
Press YES or NO
ESC to Exit
```

Presione **ON/YES**

```
Enter Value For
Proctor: ### PCF
ENTER to Accept
ESC to Exit
```

Use los números para cambiar el valor. Después de ingresar su valor PR, aparece la pantalla densímetro listo.

Max Dens.

```
MA: #### PCF
Change value?
Press YES or NO
ESC to Exit
```

Presione **ON/YES**

```
Enter Value For
Max. Dens: ### PCF
ENTER to Accept
ESC to Exit
```

Use los números para cambiar el valor. Después de ingresar su valor MA, aparece la pantalla densímetro listo.

Ecuaciones usadas por el densímetro

$$\%MA = \%Compactación = \frac{WD}{MA} \times 100$$

Donde: WD (Densidad húmeda) la mide el densímetro.

$$\%PR = \frac{DD}{PR} \times 100$$

Donde: DD (Densidad seca) la calcula el densímetro. El contenido de M (Humedad) está en PCF.

$$DD = WD - M$$

% PR también puede usarse para determinar el % Sólidos, si se puede determinar la “densidad de porcentaje de vacíos” del material.

Preparación del sitio (suelo, agregados y material granular)

1. Ubique el lugar de prueba lejos de otros densímetros y objetos grandes que podrían influir en los resultados. Entre estos objetos se cuenta su vehículo y barreras o paredes de concreto grandes. Si el lugar de prueba debe estar cerca o al lado de paredes, entonces remítase a la sección de funciones especiales, Corrección de Offset y Zanja (Trench).
2. Use el borde de la placa para raspado suministrada con el densímetro para nivelar la superficie de prueba. Para ello aplane los sectores más altos y los espacios vacíos. Si existe cualquier espacio vacío pequeño, rellénelo con la tierra o el material que se encuentra alrededor.

3. Coloque la herramienta de extracción suministrada con el densímetro sobre una de las guías de la placa para raspado.
4. Coloque la varilla de perforación suministrada con el densímetro en la misma guía que la herramienta de extracción.
5. Use un martillo de 4-8 libras para insertar la varilla de perforación en el terreno.

PRECAUCIÓN: Use protección para los ojos, las manos y la piel mientras esté realizando la perforación.

La varilla de perforación tiene 6 muescas separadas a 2" una de la otra, las cuales están enumeradas para tener la profundidad de la lectura. Estos números muestran la profundidad a la que se debe enterrar la varilla para una lectura de profundidad particular del densímetro. Los indicadores de profundidad de la varilla agregan automáticamente 2" extra a la perforación, lo cual es necesario para tener lecturas precisas.

6. El retiro de la varilla de perforación debe hacerse de forma que no dañe la perforación. Use un movimiento giratorio para sacar la varilla perforadora, ya que es la mejor forma de extraerla del material. Se debe tener cuidado de preservar la integridad de la perforación. Las perforaciones que han colapsado o más grandes de lo requerido pueden influir negativamente las lecturas.

Preparación del sitio (Asfalto)

1. Ubique el lugar de prueba lejos de otros densímetros o de objetos grandes que pudieran influir en los resultados, como su vehículo, barreras o paredes de concreto grandes.
2. Para mezclas de grano grueso poroso, puede usar un material de relleno fino como cemento Portland o arena fina para llenar los huecos o vacíos, pero siempre teniendo cuidado de no cubrir completamente la superficie del asfalto. La base del densímetro debe estar asentada sobre el asfalto, no sobre el relleno.
3. Después de colocar el densímetro en el lugar de prueba, muévelo hacia adelante y atrás presionando las esquinas opuestas del densímetro. Si minimiza la cantidad de rocas, se asegurará de obtener los resultados más precisos en terreno.

Toma de Medidas

Para hundir la varilla fuente a la profundidad deseada, tire el disparador de la manilla hacia atrás y presione la manilla hacia abajo. En las posiciones de medición, siempre "asegure" en la posición. Cuando esté en posición de medición, siempre "asegure" la

varilla en la posición; para ello permita que el disparador encaje en la muesca y luego empuje la manilla suavemente hacia abajo hasta que quede “asentada” en la muesca.

PRECAUCIÓN: Nunca meta la varilla fuente en el suelo mediante golpes de martillo en la manilla del densímetro.

Para iniciar la medición, presione START/ENTER. El densímetro comenzará a tomar conteos.

```

Depth: BS
Time:15 sec.
    
```

Una vez completado el tiempo de conteo, aparecerá la siguiente ventana:

| | | |
|--|--|--|
| Si sale de la información de resultados, puede usar la función Recall en Menu para recuperarlos. | <pre> M Count: ## D Count: ## MCR:### DCR:### Press UP/DOWN </pre> | Para que registrar esta información sea más fácil, puede ajustar la función Auto Scroll en Menu. |
| | <pre> WD: #.# PCF %MA: #.# %Voids:#.# Press UP/DOWN </pre> | |
| | <pre> Moist: #.# PCF # DD: #.# PCF %Mois:#.#%PR:#.# PRESS UP/DOWN </pre> | |

- Donde:
- M count = Conteo de humedad
 - D Count =Conteo de densidad
 - MCR = Tasa del conteo de humedad (M Count/MS)
 - DCR = Tasa del conteo de densidad (D Count/DS)
 - WD = Densidad húmeda
 - %MA = Porcentaje de compactación ((WD/Max Dens.)X100)
 - %Void = Porcentaje de vacíos (100-%MA)
 - Moisture = Densidad húmeda en PCF, Kg/m³ o gcc dependiendo de la unidad seleccionada
 - DD = Densidad seca (WD- Húmeda)
 - %Mois. = Porcentaje de humedad ((Humedad/DD)X100)
 - % PR = Porcentaje Proctor ((DD/PR)X100)

Guardar e imprimir un proyecto

El Elite tiene la capacidad de almacenar datos. Se pueden almacenar hasta 10 proyectos y 40 estaciones (lecturas) por proyecto en el Elite. La información almacenada puede imprimirse o transferirse a un dispositivo USB externo ubicado en el panel frontal.

Para entrar en esta función e iniciar un Nuevo proyecto, presione la tecla **Project Print**:

```
1.Auto Store
2.Start New Project
UP/DOWN for Next
Select #, ESC Exit
```

Seleccione **2** para iniciar un Nuevo proyecto. Presione cada tecla alfanumérica repetidamente para seleccionar una letra determinada. Presione otra tecla alfanumérica para avanzar a la siguiente letra. Use la tecla **UP/DOWN** para avanzar a la siguiente posición si la letra requerida no está en la misma tecla que ha seleccionado. Presione **YES** para aceptar.

Presione **YES** para aceptar.

```
Enter Project
Name:
YES to Accept
ESC to Exit
```

Escoja 1 para almacenar automáticamente cada estación dentro del proyecto. Presione 2 para ingresar manualmente el número de estación.

```
Starting Station
Number: ##
YES to Accept
ESC to Exit
```

Seleccione el número de estación de partida deseada y presione **YES**. Cuando la estación Auto Store está habilitada, los números de estación se incrementarán secuencialmente a partir de la estación inicial.

```
Enable Auto
Store?

Press YES or NO
```

Seleccione **YES** si desea activar Auto Store para que almacene automáticamente en el proyecto después de cada lectura. Otra forma de almacenar datos manualmente es presionar la tecla **STORE** después de cada lectura.

Para usar un Proyecto existente o imprimir uno, presione la tecla **PROJECT PRINT** ubicada en el panel frontal y seleccione la opción 3

```
3.Sel.Stored Proj.  
4.Print Data  
  UP/DOWN for Next  
  Select #, ESC Exit
```

Seleccione Proyecto de la lista con las opciones de número.

Para Imprimir, presione la tecla **PROJECT PRINT** y seleccione la opción 4

```
3.Sel.Stored Proj.  
4.Print Data  
  UP/DOWN for Next  
  Select #, ESC Exit
```

Presione la tecla **4**

```
Print Data  
1.Print All Data  
2.Print one Project  
ESC to Exit
```

Seleccione los datos que quiera imprimir y presione el número correspondiente.

Después de seleccionada la opción imprimir conecte la impresora al densímetro y presione **ENTER**.

Para almacenar en un dispositivo USB, presione la tecla **PROJECT PRINT** y baje a la tercera página, opción 5

```
5.Send Data to USB  
6.Review Data  
  UP/DOWN for Next  
  Select #, ESC Exit
```

Presione la tecla 5.

Seleccione los datos que desea almacenar y presione el número correspondiente. Inserte un dispositivo USB y presione **ENTER**.

Para revisar o borrar datos en un proyecto particular, seleccione la tecla **PROJECT PRINT** y vaya a la opción 6 o 7.

Capítulo 3: Funciones de Menú

Este capítulo contiene funciones que probablemente no se usan en el día a día. Las características que se encuentran en las funciones de Menú son importantes y se usan periódicamente para realizar pruebas bajo ciertas circunstancias y materiales especiales, pruebas de diagnóstico y funciones de calibraciones.

Presione la tecla MENU ubicada en el panel frontal para entrar a las funciones de menú. Algunas de las funciones de menú requieren un código de acceso. Tome contacto con su representante o supervisor para obtener este código.

Bajo Menú se encuentran la siguiente lista de funciones:

1. **Recall**-Permite que el usuario recupere los resultados más recientes de pruebas del densímetro.
2. **Offset**-Este modo tiene tres funciones de offset diferentes, Corrección de Humedad, Densidad y Trench (zanja). Use esta función para compensar las lecturas de calibración de fábrica o corregir la influencia de las zanjas en terreno.
3. **Auto Scroll**-Le ayuda a los usuarios durante el almacenamiento de datos en terreno. Las pantallas de pruebas avanzan automáticamente cada 5 segundos.
4. **LCD Backlight**-Permite ver fácilmente los datos y el teclado durante el trabajo en la noche.
5. **Diagnostic Test**-Esta característica se usa para revisar el voltaje de la batería, voltaje alto, sensor de profundidad y temperatura. Esta característica también tiene una opción de reseteo de memoria.
6. **Stat Test**-Testea la estabilidad electrónica del densímetro.
7. **Drift Test**-Testea la inclinación electrónica
8. **Auto-Depth**-Activa/Desactiva la característica de Auto-Profundidad y se usa para la calibración de los sensores de profundidad.
9. **Review STD Counts**-Esto permite al usuario ver los últimos 30 Conteos Estándar y la fecha correspondiente a cada uno de los conteos.
10. **Select Language**-Permite que el usuario seleccione Inglés o español.

11. **Standard Mode**-Activar/Desactivar Modo Estándar o Activar/Desactivar Modo Desintegración Radioactiva
12. **Set Units**-Le permite al usuario cambiar las unidades entre libras/pies³ lb/ft³, kg/m³ y g/cc.
13. **Serial Number**-Permite ingresar el número de serie del densímetro.
14. **Date/Time**-Permite ajustar la hora y fecha actuales.
15. **Buzzer On/OFF**-Activa/Desactiva la función timbre/alarma de Elite.
16. **Special Calibration**- Permite ajustar las constantes de calibración para materiales especiales y locales.
17. **Nomograph Mode**-Permite que el densímetro sea usado sobre carpetas delgadas de asfalto.
18. **Calibration Constants**-Acepta la entrada y almacena las constantes de calibración usadas para determinar la humedad y densidad de los materiales. Esta función es solo para usuarios autorizados.

Descripción de cada función de MENÚ

Recuperar

Esta función le permite recuperar y revisar los datos del test más reciente.

1. Presione la tecla **MENU**.
2. Presione la tecla **1**.
3. Ahora puede revisar la información del test.

Offset (Desplazamiento)

Existen tres opciones de offset en el densímetro: Densidad, Humedad y Trench (zanja).

1. **Densidad** - le permite agregar o restar una cantidad determinada de las lecturas de densidad húmeda (WD) medidas por el densímetro. Esta función se puede usar para corregir las lecturas del densímetro con relación a otros

métodos de pruebas, tal como núcleos de asfalto testeados por el método de desplazamiento de agua

2. **Humedad** - corrige las lecturas de humedad del densímetro con relación a la humedad de secado rápido o en horno.
3. **Zanjas** – corrige los efectos de las paredes de las zanjas con relación a las lecturas de humedad del densímetro.

Para usar el modo offset:

1. Presione la tecla **MENU**.
2. Seleccione la tecla **2**.
3. **Suba** o **baje** hasta el offset que desea habilitar.
4. Para ingresar un número negativo use la tecla **DOWN**, para un número positivo, la tecla **UP**.

Offset de densidad - use esta función para desplazar su densidad hacia arriba o abajo en una cantidad conocida. Por ejemplo, si la densidad húmeda (WD) del densímetro es 142.0 PCF y la densidad de terreno real es 145.0 PCF, puede usar un offset (desplazamiento) de densidad de 3.0 para corregir las lecturas del densímetro. El valor del offset puede ser positivo o negativo. Use la tecla UP para el signo (+) y la tecla DOWN para ingresar el signo (-). Siga las indicaciones del densímetro para ingresar este valor.

Nota: Cuando está habilitado el offset de densidad aparecerá una letra Y en la pantalla “densímetro listo” junto al offset.

Offset de humedad-Esta función permite corregir los resultados de humedad del densímetro en relación a los resultados obtenidos por secado en horno, secado rápido u otros métodos de secado en laboratorio. Use la siguiente ecuación para calcular la corrección e ingresar este valor en el densímetro cuando se los solicite

$$K = \left(\frac{\%M(True) - \%M(Gauge)}{\%M(Gauge) + 100} \right) \times 1000$$

En donde %M (densímetro) es el valor de porcentaje de humedad (%M) derivado del densímetro con K=0 (sin offset de humedad, calibración de fábrica) y %M (Rea) es el % de humedad determinado por el secado en horno, secado rápido u otro método de laboratorio.

Una vez que se ha ingresado el valor K en el densímetro, todos los siguientes resultados de test para humedad serán corregidos con este offset. Use la tecla UP para el signo (+) y la tecla DOWN para el signo (-).

Nota: Cuando el offset de humedad está activado, aparece una Y en la pantalla del densímetro junto al offset.

Offset de zanja - Esta función permite corregir la influencia de las paredes en los conteos de humedad del densímetro. Use estas funciones de offset cuando esté tomando mediciones en una zanja con paredes a un metro o menos de distancia del densímetro.

Para usar esta función, tome un conteo estándar en el bloque de referencia estándar fuera de la zanja y registre el conteo estándar de humedad, MS. Coloque el densímetro dentro de la zanja en la parte superior del bloque de referencia estándar en la posición BS, ajuste el tiempo a cuatro minutos y presione START. Registre el conteo de humedad (MC). Calcule el offset de zanja con

$$\text{Offset Zanja} = \text{MC} - \text{MS}$$

Ingrese el Offset de Zanja tal como lo indica la pantalla.

Nota: Si MC es inferior a MS, no necesita usar la función offset de zanja. Si el conteo MC es inferior a MS, entonces no influyen las paredes de la zanja y el offset de zanja no será necesario.

Nota: Cuando el offset de zanja está habilitado, aparece una Y al lado del offset en la pantalla "densímetro listo".

Auto Scroll (AutoRecorrido)

La función Auto Scroll permite una operación de manos-libres del densímetro después de haber obtenido una medición. Cuando esta función está activada, los resultados del test recorrerán de pantalla en pantalla sin tener que presionar las teclas Up y DOWN.

Para activar esta función:

1. Presione **MENU**.
2. Presione la tecla **3**
3. Presione **YES** para activar la función.

Después de una medición, la pantalla le recordará que AutoScroll está activado y después de unos pocos segundos la pantalla mostrará los resultados. La pantalla mostrará los nuevos resultados cada 5 segundos. Presione la tecla START/ENTER para iniciar una nueva medición.

Nota: Cuando se apaga el densímetro, la función Auto Scroll se desactiva.

Luz LCD

Esta característica permite el uso del densímetro durante la noche. La luz de la pantalla mantendrá la pantalla y el teclado iluminados por aproximadamente 20 segundos después de presionar una tecla.

Para activar esta característica:

1. Presione **MENU**.
2. Presione la tecla **4**
3. Presione **YES** para activarla.
4. Para desactivar esta característica, repita los pasos 1-3. El densímetro le pedirá que desactive la luz si está activada, presione **YES** para desactivarla.

Nota: Al apagar el densímetro se desactivará la función de luz de la pantalla.

Nota: Esta función desgasta más las baterías del densímetro que bajo uso normal. Por

ello, solo úsela en la noche y siempre y cuando sea necesario.

Test de diagnóstico

Esta función debe realizarla un técnico entrenado y bajo instrucciones de InstroTek. En este modo el densímetro puede revisar los siguientes componentes y funciones del densímetro: Voltaje de la batería, Alto Voltaje, Temperatura, Resetear Memoria y test de sensores de profundidad.

Voltaje de la batería

Esta función mide y muestra el voltaje total de las 6 baterías AA NiMH. El voltaje máximo medible en el paquete de batería es aproximadamente de 9 voltios. El indicador de bajo voltaje se activa a 7.0 voltios y el densímetro se apaga a 6.6 voltios. Basado en esta condición de las baterías y el uso, puede esperar un día completo más de uso desde el momento en que la indicación de batería baja se apaga. Use el adaptador del cargador de auto (cargado DC) para cargar las baterías en terreno.

Alto Voltaje

Esta función mide el alto voltaje en el panel. Esta información es muy importante para solucionar problemas en el densímetro y permite que nuestros técnicos entreguen instrucciones sobre el estado del densímetro. Observe que esta medición no está disponible en Smart- MC con los antiguos módulos de humedad/densidad.

Revisión de la Temperatura

Esta función mide la temperatura en el densímetro para determinar si la inconsistencia en los resultados se debe a una alta temperatura. Esta información es muy importante para solucionar problemas del densímetro y permite que nuestros técnicos entreguen instrucciones sobre el estado del densímetro.

Reseteo de Memoria

Esto solo lo debe hacer un técnico entrenado; dejará el densímetro no operacional y puede ser necesario devolverlo a InstroTek. Esta función se usa en caso de que el densímetro requiera una gran reparación. El reseteo de la memoria borra toda la información almacenada y deja el densímetro con los valores de pre-calibración establecidos en la fábrica. Las constantes de calibración deberán ser reingresadas al densímetro.

Test de Sensor de Profundidad

Esta función mide los sensores magnéticos en cada profundidad para asegurar que estén operacionales. Esta información es muy importante para solucionar problemas con el densímetro y permite que los técnicos entreguen instrucciones respecto del estado del densímetro.

Test de Desviación (Drift)

Si observa una baja o alza de desviación consistente en sus conteos estándar de conteo en conteo o día a día, puede que la parte electrónica tenga un problema de. Este test monitorea la desviación a largo plazo del densímetro. El test de desviación consiste en realizar cinco conteos de 240 segundos cada uno. Para obtener un resultado de desviación significativo, primero debe tomar un Stat Test y esperar 3 a 4 horas antes de iniciar el test de desviación. El promedio de los cinco conteos de desviación de humedad y densidad se compara con el promedio de los promedios de los 20 Stat test de un minuto. Los límites de aprobación en humedad es igual al 1.0% o menos y de densidad es igual a 0.5% o menos.

1. Ejecute un Stat Test en el densímetro en la mañana.
2. Espere 3-4 horas y luego siga con el siguiente paso. Puede usar el densímetro durante este tiempo, pero si sospecha que no está trabajando adecuadamente, sería mejor no usarlo hasta obtener las mediciones de densidad.
3. Después de 3-4 horas, vuelva a colocar el densímetro sobre el bloque estándar, al igual que como lo hizo para realizar el Stat Test; asegúrese de que la manilla esté en la posición "SAFE" (segura).

4. Presione la tecla **MENU**. Presione la tecla 6.
5. Presione **START**
6. Después de 20 minutos, aparecerán los resultados en la pantalla.
7. Si el densímetro indica un porcentaje fallido, tome contacto con los técnicos de InstroTek.

Nota: Controle el movimiento de los otros densímetros durante el test. Siempre mantenga una distancia mínima de 10 metros de otros densímetros cuando está realizando un test de desviación.

Test Stat

Un Test Stat puede ser ejecutado para validar la operación normal de la parte electrónica del densímetro. Si dos de tres tests stat no logran ajustar los límites en el densímetro, tome contacto con su representante InstroTek. Los límites de aprobación en los resultados de tests stat son $R=0.25$ a $R=0.45$.

Para realizar un Test Stat:

1. Presione **MENU**.
2. Presione la tecla **7** para Stat Test.
3. Coloque el densímetro en un bloque estándar sobre una superficie densa nivelada, tal como suelo, asfalto o concreto. Asegúrese de que esté a 10 metros de separación de otros densímetros.
4. Coloque la varilla fuente en la Posición "SAFE".
5. Cuando aparece Stat Test en la pantalla, presione **START**.
6. Después de 20 minutos la pantalla mostrará los resultados del test; puede recorrer la pantalla para ver cada uno de los conteos.

7. Si el test falla, repítalo. Si dos de tres tests fallan, tome contacto con su representante InstroTek.

Nota: Controle el movimiento de otros densímetros durante el test. Siempre tenga los otros densímetros a mínimo 10 metros entre sí, mientras está tomando el Test Stat

Auto Profundidad

El densímetro Elite tiene un indicador de profundidad magnético de no contacto automático. Esta función le permite desactivar automáticamente el modo profundidad cuando lo desee. Si Auto depth (auto profundidad) está desactivado, el densímetro le pedirá que ingrese manualmente una profundidad antes de cada lectura.

Dentro de esta función también puede calibrar los sensores de, los que en raras ocasiones se descalibran.

Dentro de la función Auto Depth seleccione 1 para Activar/Desactivar Auto Depth o 2 para Calibración y siga las indicaciones que aparecen en la pantalla.

Revisar Conteos Estándar.

El densímetro Elite almacena los últimos 30 conteos estándar y la fecha de la medición. Use esta función y las teclas **UP** o **DOWN** para recorrer los conteos estándar. Si quiere guardar estos datos, inserte un dispositivo USB en el densímetro y presione la tecla **STORE**. Los conteos estándar se guardarán en el dispositivo USB para usarlos en el futuro.

Seleccionar Idioma

Elite está diseñado para trabajar en dos idiomas, inglés y español. Seleccione 1 para inglés y 2 para español.

Ajuste de Unidades

Esta función del menú le permite ajustar: libras por pies cúbicos (PCF o lb/ft³), kilogramos por metro cúbico (kg/m³) o gramos per centímetro cúbico (gr/cc). Lo que Ud. elija será el valor por defecto en todos los menús. El MA/PR deberá ser ingresado en

las mismas unidades seleccionadas. La profundidad se basa en las unidades seleccionadas.

Para ajustar esta opción:

1. Presione **MENU**.
2. Presione la tecla **11** (**1** y luego **1**).
3. Seleccione PCF, kg/m^3 , o gr/cc con el teclado numérico.

Modo Estándar

Existen dos modos de conteo estándar que se pueden seleccionar y usar con el MC3 Elite, Modo Promedio y Modo Desintegración. El modo del densímetro que viene de fábrica en el Modo promedio, en el cual el porcentaje cambia entre conteo estándar actual y el promedio de los últimos cuatro conteos estándar tomados por el densímetro. El conteo estándar actual se usa para calcular los resultados de Densidad y Contenido de humedad.

El segundo modo es el Modo desintegración. En este modo se calcula el tiempo que transcurre desde la fecha de calibración y el conteo estándar de densidad de calibración se corrige de acuerdo a la desintegración de Cs-137. El Cs-137 que se emplea en el densímetro para las mediciones de densidad se desintegra aproximadamente 2,2% por año. El conteo estándar de calibración corregido se compara con el conteo estándar diario. El límite de Aprobación/Falla se fija en $\pm 1\%$ del conteo estándar de calibración corregido por desintegración. Este cálculo lo realiza automáticamente el densímetro y se muestra el límite de Aprobación/Falla. Para asegurar resultados apropiados en este modo, tanto la fecha de calibración como el conteo estándar almacenado deben estar corregidos y ser actuales.

Número serial

Esta función permite que el usuario ingrese el número serial del densímetro. Esto se realiza en fábrica y sólo técnicos autorizados pueden usar esta función.

Fecha/Hora

Esta función permite que el usuario ingrese o cambie la fecha y hora.

Timbre/Alarma

Esta función le permite al usuario activar o desactivar el Timbre/Alarma. Cuando está activada, el densímetro emitirá un bip cuando se presiona una tecla, además emitirá una alarma una vez terminado un conteo de prueba.

Calibración especial

La calibración especial le entrega una funcionalidad para ajustar en terreno la calibración. La constante de calibración especial B puede obtenerse del densímetro o se puede ingresar con la ecuación dada en esta sección para calcular B.

El densímetro viene calibrado de fábrica para “suelo promedio”, el cual está definido como material que está a medio camino entre el granito puro y caliza pura. Para la mayoría de los suelos y agregados, el suelo promedio da como resultado mediciones precisas, sin embargo, existen casos en que la composición del material a testear es muy diferente del rango de los materiales cubiertos por la calibración de fábrica. En estos casos, la calibración especial entrega la oportunidad de calibrar el densímetro de acuerdo a los materiales locales y a materiales que no están contemplados por la calibración de fábrica.

En el modo calibración especial, se calcula una nueva constante B a partir de la muestra de terreno y con la “densidad real” de la muestra. El valor B es la única constante en el densímetro que se ve influida por la composición del material, de tal forma que cambiar esta constante es la forma más efectiva de tomar en cuenta los cambios en la composición de material en terreno.

Para realizar una calibración especial para material local, que no esté cubierto por la calibración de fábrica, tome al menos cuatro y como máximo 10 conteos de densidad en terreno del material en el cual se está usando el densímetro. Para materiales granulares, use las lecturas de transmisión directa y para asfalto, las lecturas BS (retrodispersión). Promedie los conteos. Obtenga muestras de los lugares en donde el densímetro tomó lecturas. Analice las muestras en el laboratorio y determine la densidad del material (densidad real) en kg/m^3 . Use la siguiente ecuación para recalculer el valor B que ingresará en el densímetro.

$$B_{\text{Special}} = \frac{\text{True Density}}{\ln\left[\frac{A}{CR - C}\right]}$$

En donde CR es la tasa de conteo (Conteo promedio/conteo estándar) determinado por el densímetro en terreno, A y C son las constantes de calibración para la profundidad de las medidas usada en terreno y la densidad real es la densidad determinada por un método convencional en laboratorio.

Nota: El densímetro puede realizar los cálculos si los conteos y los valores de densidad real están determinados e ingresados en el software del densímetro. Además, el software del densímetro está escrito de tal forma que todo el proceso de función de calibración especial, incluido la toma y almacenamiento de conteos, es realizado por el software. Siga las instrucciones del densímetro para realizar la calibración especial.

Para usar la función Calibración especial:

Presione **MENU**:

```
15.Buzzer Alarm
16.Thin Layer
UP/DOWN for Next
Select #, ESC Exit
```

Presione **16 (1 luego 6)**

```
Enable Special
Calibration?
YES or NO
ESC to Exit
```

Presione **YES** para Activar la Calibración Especial y **NO** para volver a la pantalla “densímetro listo”.

```
Use Gauge to
Derive B Value?
Press YES or NO
ESC to Exit
```

Nota: Si se ha usado anteriormente la calibración especial, el densímetro preguntará si se debe activar la misma calibración o los datos previamente almacenados. Puede activar la calibración especial ya usada o seleccionar partir con una calibración especial totalmente nueva.

Ahora tiene la opción de usar el densímetro para obtener la constante B para calibración especial o ingresar la constante previamente obtenida por el densímetro. Si seleccionar 'Yes', el densímetro le pedirá que seleccione el número de conteos que desea tomar para ese material. Se recomienda tomar un mínimo de cuatro y un máximo de 10 lecturas para realizar el test.

(Seleccione 1 a 10 lecturas)

```
Enter Number  
Of Counts:##  
ENTER to Accept  
ESC to Exit
```

```
Depth:BS  
UP/DOWN TO  
CHANGE  
YES to Accept  
ESC to Exit
```

Seleccione el número de conteos y la profundidad deseados.

Coloque el densímetro sobre el material en la ubicación deseada y presione start para acumular el primer conteo. El densímetro le pedirá tomar conteos hasta que se haya completado el número de conteos seleccionado. Almacene cada conteo individual tomado. Aun cuando estos conteos no son necesarios para los cálculos obtenidos del densímetro, le entregará un registro de estos datos. Se recomienda mover el densímetro a la nueva ubicación de test para cada uno de los conteos. Siga las indicaciones de la pantalla para completar los conteos.

Después de que todos los conteos estén acumulados, el densímetro promediará los conteos y pedirá la densidad del material "Real". Esta densidad "Real" se obtiene al tomar una muestra de material representativa del terreno y analizarla en el laboratorio con los tests de densidad convencionales. También puede usar otros métodos de test, tal

como el cono o balón de arena en terreno para determinar la densidad “real”, en caso que las instituciones locales o las especificaciones lo soliciten.

Si tiene la densidad “Real” del material, puede ingresarla ahora. En caso contrario, puede ingresar este valor después. El densímetro almacenará los conteos usados la última vez. Si selecciona “Yes”, el densímetro le pedirá que ingrese la densidad.

```
Enter Value For
Density Now?
Press YES or NO
ESC to Exit

Enter Value For
Density= ## PCF
ENTER to ACCEPT
ESC to Exit
```

Una vez ingresada la densidad, el densímetro calculará el valor B y entrará el modo calibración especial. Guarde el valor B. Durante las mediciones, aparecerán calibraciones especiales en la pantalla para indicar que está en este modo. Si el operador apaga el densímetro, la función Calibración Especial se desactivará automáticamente y se activará la calibración “normal”. El densímetro mantendrá el valor B previo hasta que se sobrescriba con un Nuevo test de calibración especial.

Nota: Si está operando en el modo gr/cc, el densímetro le pedirá ingresar la densidad en kg/m^3 ($\text{gr/cc} \times 1000$).

Importante: Registre y guarde el valor B para futuros usos, ya que elimina la necesidad de pasar por todo el proceso derivado del densímetro.

Puede ser más práctico ingresar la densidad en una fecha posterior. Si no ha ingresado un valor de densidad después de tomar conteos del material, la próxima vez que active la calibración especial, el densímetro le preguntará si desea usar los datos almacenados. Estos datos contienen los conteos tomados durante el uso más reciente de la función calibración especial.

Si ya tiene el valor B, ya sea a partir del densímetro o calculado manualmente, puede ingresarlo directamente en la función calibración especial del densímetro

Para ingresar el valor B, presione **YES** para activar la calibración especial.

```
B#####  
Activate Special  
Calibration?  
Press YES or NO
```

Modo capa delgada

La función capa delgada permite realizar mediciones de la densidad de capas delgadas de asfalto o concreto. No use este modo para superficies de asfalto sobre asfalto o asfalto sobre concreto. El uso del modo BS regular producirá resultados más repetibles en asfalto sobre asfalto y asfalto sobre concreto. Como la variación de densidad entre el material superior e inferior en asfalto sobre asfalto y asfalto sobre concreto es mínima, si usa el modo capa delgada o densímetro para capa delgada no garantiza resultados más precisos. La influencia del material inferior es enmascarada por la densidad del material superior y los resultados del modo capa delgada y modo BS no arrojarán ninguna diferencia. Sólo use el modo capa delgada para lotes de estacionamiento o proyectos con asfalto en la parte superior y suelo o agregado como sub-base en la parte inferior. Bajo estas condiciones, el modo capa delgada o densímetro capa delgada entregará resultados más precisos que el modo BS del densímetro.

Para usar el modo capa delgada, coloque la fuente en la posición BS, obtenga el grosor del material superior y la densidad del material inmediatamente debajo de la capa delgada. La ecuación para calcular la densidad de la capa superior es:

$$DT = \frac{WD - DB * K}{1 - K}$$

En donde DT es la densidad de la capa superior, WD es la densidad húmeda medida por el densímetro y K es el efecto de la capa superior sobre la medición de densidad. K depende del grosor del material de la capa superior y está definido por

$$K = a_{11} \exp(-a_{12} X) - a_{13}$$

X es el grosor del material superior y a_{11} , a_{12} , a_{13} son las constantes calculadas en fábrica.

El software del densímetro calcula automáticamente la capa delgada. Para usar esta función, seleccione el ítem del menú y presione 17.

```
Enable Thin Layer
Mode?
Press YES or NO
ESC to Exit
```

Seleccione **YES** para activar la función Capa Delgada. Siga las instrucciones de la pantalla.

Ingrese el grosor del material de la capa delgada en pulgadas o mm, dependiendo de la unidad seleccionada en el densímetro. El rango del grosor que puede usar esta función va de 1 a 3,5 pulgadas (25 a 90 mm). No use esta función para grosores fuera de este rango, ya que los resultados pueden no ser precisos.

```
Enter
Material
Thickness:## in
ENTER to Accept
ESC to Exit
```

Ingrese la densidad del material inmediatamente debajo del material superior. Para obtener esta densidad, use el densímetro para medir la densidad del material antes de la construcción de la capa superior.

```
Enter Bottom
Density: ## PCF
Enter to Accept
ESC to Exit
```

Una vez ingresada la densidad del material, se puede activar el modo capa delgada en el densímetro. Durante las mediciones aparece TL (capa delgada) en la pantalla para indicar que este modo está activo. Si el densímetro se apaga,

este modo se desactiva. Active la función nuevamente a través del menú, para lo cual siga las indicaciones del densímetro y active los datos recientemente almacenados.

La última función de capa delgada permanecerá en el densímetro hasta que sea reemplazada por nuevos datos de densidad inferior y grosor en un Nuevo trabajo.

Constantes de calibración

Esta parte del menú requiere un código de acceso; si no tiene uno, tome contacto con su representante local o InstroTek.

Nota: Estos pasos solo deben ser realizados por alguien que esté familiarizado con la instalación del densímetro y las calibraciones y debe seguir estos pasos. Si se cambia esta información se tendrán lecturas erróneas.

Para ingresar constantes de calibración:

1. Presione **MENU**.
2. Presione **18** (1 y luego 8)
3. Presione **ENTER**.
4. Ingrese el código de acceso con el teclado numérico.
5. Presione **0** para cambiar las constantes de humedad (E y F). Para ingresar un número negativo, use la tecla **DOWN**, para uno positivo, la tecla **UP**.
6. Se mostrarán las profundidades. Vaya a la profundidad deseada y presione el número correspondiente a ella. Las constantes A, B y C pueden fijarse para cada profundidad. Use la tecla **DOWN** para ingresar un signo (-). Después de que se han ingresado todas las profundidades y está nuevamente en la pantalla “selección de profundidad”, puede presione la tecla **ON/YES** para volver a la pantalla “densímetro listo”.

Otras características del Modelo MC-3 Elite

Nota: Estas funciones solo deben ser ejecutadas por técnicos entrenados.

Botón de Reseteo - Este botón le permite resetear el programa operativo en caso que se congele o detenga durante la respuesta; si se presiona este botón una vez el sistema se reiniciará y no perderá ninguna de las constantes de calibración, conteos estándar o la última medición. Sin embargo, si tiene las funciones luz de pantalla o Auto Scroll activada, tendrá que volver a activarlas. Se deberá sacar el scaler del densímetro para usar el botón de reseteo. Simplemente desatornille los cuatro tornillos ubicados en la parte frontal del panel, levantar la carcasa y saque el scaler. El botón de reseteo se ubica en la parte superior de la tarjeta de circuito del scaler. VerFig 3.1

RS-232 – Esta conexión le permite cargar las constantes en el densímetro con ayuda de un software. Tome contacto con InstroTek para mayor información.

J-45 – Esta conexión se usa solo en fábrica para programar el software del sistema usado en el modelo Modelo MC-3 Elite. **NO DEBE** conectar ningún cable en esta conexión, ya que podría dañar el scaler y anulará la garantía del densímetro.

Contraste de la pantalla - Ajusta el contraste de la pantalla LCD.

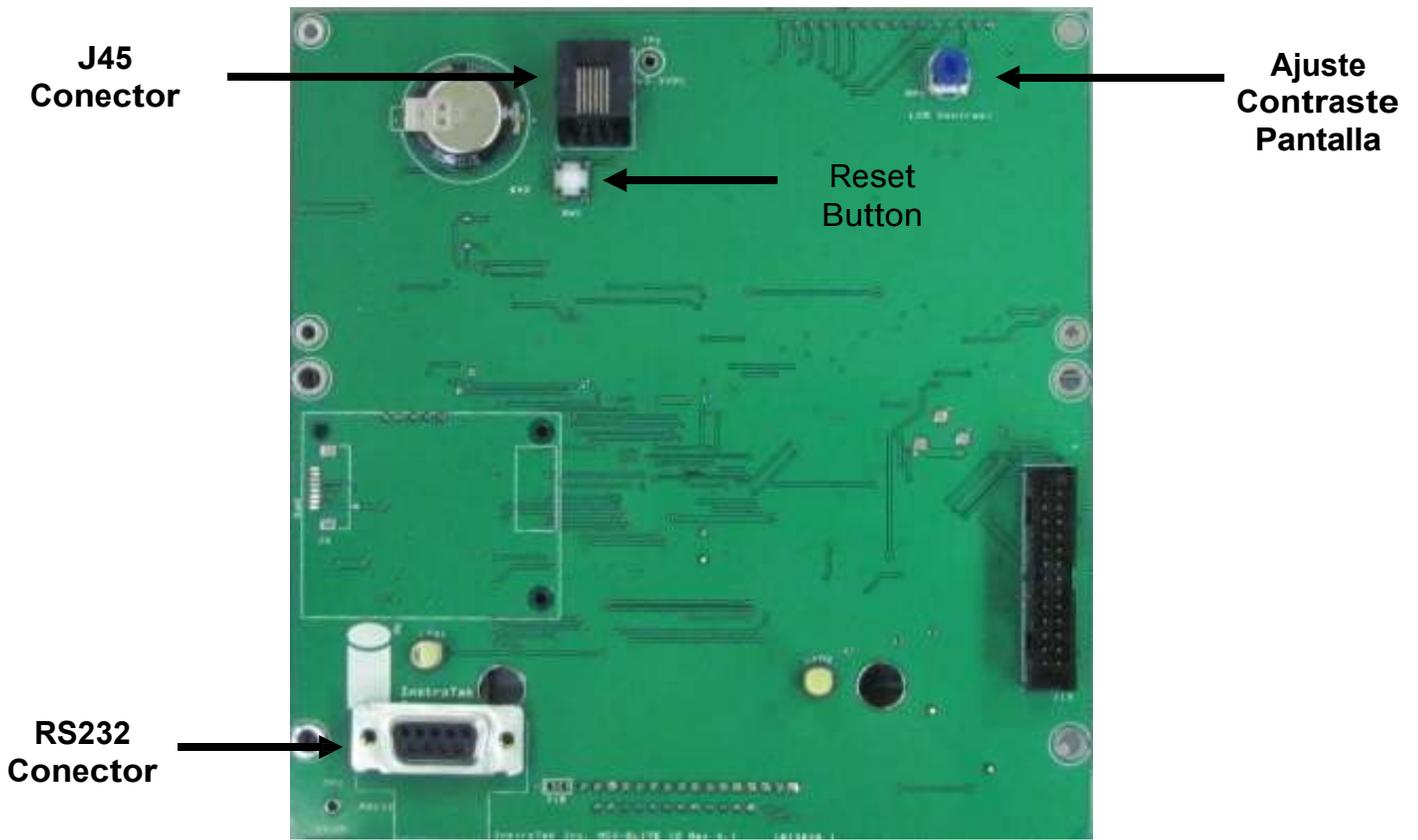


Fig 3.1 Parte trasera de la tarjeta de circuito del Panel Frontal

Capítulo 4: Teoría de Radiación

Este capítulo contiene información sobre física atómica básica. Es importante que el usuario entienda esta sección con el fin de manejar las aplicaciones y los temas relacionados con seguridad.

Elementos/Átomos

Los elementos son combinaciones de los tres tipos de partículas subatómicas: Protones, Electrones y Neutrones. Cada elemento tiene una propiedad única. Los elementos más comunes son Silicio, Oxígeno, Oro, Cobre y Hierro. Hasta ahora se han identificado 118 elementos primarios, 90 naturales y el resto fabricado por el hombre. En laboratorio se han creado solo unos pocos elementos, pero estos se desintegran rápidamente.

Átomo es una palabra griega que significa indivisible. El átomo/elemento más simple es el hidrógeno. Tiene un protón, ningún neutrón y un electrón. Un elemento más complejo es el oxígeno que tiene 8 protones y 8 neutrones en el núcleo y 8 electrones en órbita.

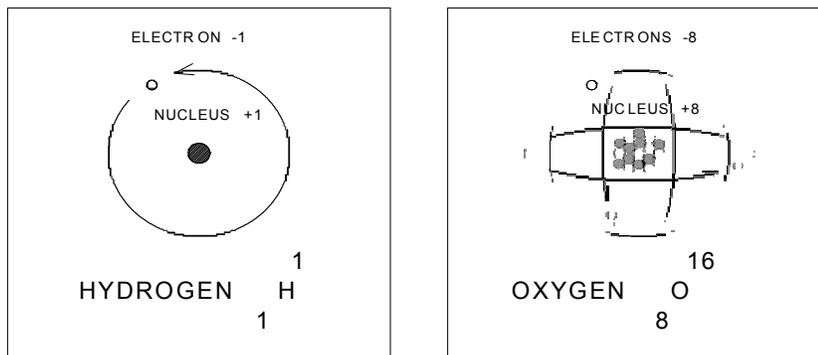


Fig 4.1 Ejemplos de Átomos

El átomo no es sólido, es mayormente espacio. Si el núcleo de hidrógeno fuera del tamaño de una canica y estuviese en el centro de un estadio, el electrón sería del tamaño de la cabeza de un alfiler en las graderías.

A cada elemento/átomo se le ha asignado un símbolo de una o dos letras que corresponde a una abreviatura de su nombre (generalmente en latín).

| <u>Símbolo</u> | <u>Latín</u> | <u>Español</u> |
|----------------|--------------|----------------|
| Au | Aurum | Oro |
| Cu | Cuprum | Cobre |
| Fe | Ferrum | Hierro |

El número atómico (Z) representa el número de protones en el núcleo

El número de masa (A) corresponde a la suma de los protones y neutrones en el núcleo.

Isótopos

Los elementos que tienen el mismo número de protones (mismo número atómico), pero diferentes números de neutrones (diferente número de masa atómica) se denominan Isótopos. El hidrógeno tiene tres isótopos. El isótopo más común de hidrógeno tiene un protón y no tiene neutrones. El isótopo de hidrógeno con dos neutrones se denomina Tritio y es inestable. Tritio se produce en la atmósfera por un bombardeo del hidrógeno con neutrones.

Corteza terrestre

Nuestra tarea es medir la densidad del suelo. Los elementos de la Tabla Periódica con los que trataremos son aquellos que se encuentran en la corteza terrestre.

| SÍMBOLO ATÓMICO | | | % ELEMENTO DE LA TIERRA | | |
|-----------------|------------------|----------|-------------------------|--------|---------|
| | | Nro. (Z) | Masa (A) | Z/A | CORTEZA |
| Oxígeno | O | 8 | 16.00 | 0.5000 | 49.9% |
| Sílice | Si | 14 | 28.09 | 0.4984 | 26.0 |
| Aluminio | Al | 13 | 26.98 | 0.4818 | 7.3 |
| Hierro | Fe | 26 | 55.85 | 0.4655 | 4.1 |
| Calcio | Ca | 20 | 40.08 | 0.4990 | 3.2 |
| Sodio | Na | 11 | 22.99 | 0.4785 | 2.3 |
| Potasio | K | 19 | 39.10 | 0.4895 | 2.3 |
| Magnesio | Mg | 12 | 24.31 | 0.4936 | 2.1 |
| Otros | | | | | 2.8 |
| Hidrógeno | H | 1 | 1.008 | 0.9921 | |
| Agua | H ₂ O | 10 | 18.016 | 0.5551 | |

La densidad de un material depende de su masa atómica (A). Sin embargo, la tasa de conteo en el densímetro nuclear depende del número de electrones (Número atómico (Z)). En el caso de la mayoría de los materiales presentes en la corteza terrestre, esto no es ningún problema ya que la razón entre el número atómico y la masa atómica (Z/A) es aproximadamente 0.5.

Radioactividad

No todos los isótopos son estables. Los isótopos con números atómicos superiores a 92 son inestables. El americio, que se emplea para mediciones de humedad en el densímetro nuclear, tiene un número atómico igual a 95. Es un subproducto del bombardeo con neutrones del plutonio para producir materiales para armas. Los 13 isótopos del americio que han sido identificados son radioactivos.

Algunos isótopos con número atómico inferior también son inestables; el cesio-137, que se usa en el densímetro nuclear para medir la densidad, tiene un número atómico igual a 55. De los 22 isótopos identificados, el cesio-133 – que se encuentra en la naturaleza – es estable, mientras que el cesio -137, un subproducto de los materiales de la producción de armas atómicas, no es estable. El hombre, a través de reacciones nucleares, ha logrado producir un gran número de isótopos inestables que no se encuentran en la naturaleza.

Cualquier isótopo inestable que libera energía – mientras decae en isótopo estable – se define como radiactivo. Al igual que otras formas de energía, la radiación puede ser útil o dañina, dependiendo de su uso.

Radiación Alfa. Beta. Neutrones y Gamma

Las fuentes usadas en los densímetros nucleares están formadas por cuatro tipos de radiación: Partículas alfa, partículas beta, Fotones (rayos gamma) y Neutrones.

Las partículas alfa viajan sólo una pulgada en el aire y son detenidas por una hoja de papel o por el tejido de la piel. En el densímetro nuclear, las partículas alfa se usan para producir neutrones.

Las partículas beta viajan unos cuantos pies en el aire y son detenidas por un trozo de madera de una pulgada de grosor o por una delgada hoja de aluminio o plástico. En el densímetro nuclear, estas partículas beta son detenidas por el recipiente en donde se encuentra la fuente.

Los rayos gamma viajan cientos de pies en el aire y pueden ser protegidos con una capa gruesa de plomo o de concreto.

Las partículas de neutrones viajan a cientos de pies en el aire y pueden protegerse con agua, plástico o concreto especial.

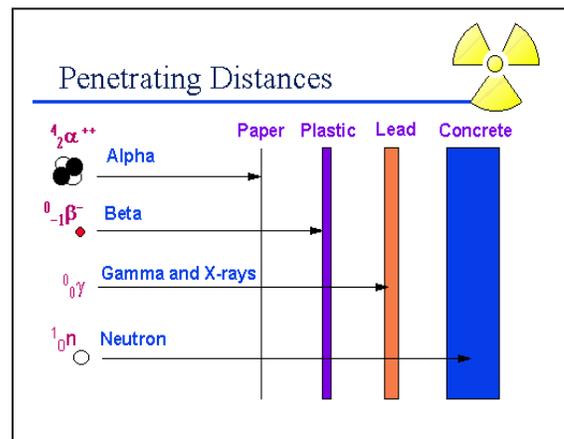


Fig 4.2 Distancia de penetración

El cesio-137 y el americio-241/Be se usan en el densímetro de humedad portátil Elite y producen cuatro tipos de radiación ionizante. La radiación alfa y beta se detienen con un receptáculo de fuente de acero inoxidable. Sólo la radiación gamma y de neutrones provoca exposición laboral a la radiación.

Radiación por neutrones

La radiación por neutrones en el densímetro Elite se produce mediante partículas alfa de americio 241 que bombardean berilio. La radiación por neutrones no tiene carga y tienen una gran capacidad de penetración. Como protección contra los neutrones, el primer paso es que los neutrones pierdan velocidad, lo que se denomina termalización. La termalización se logra por la interacción de neutrones con partículas de igual masa que el neutrón, como hidrógeno en agua o polietileno. A medida que los neutrones chocan con estas partículas, la energía de los neutrones se reduce, lo que permite una absorción efectiva por parte del material de protección.

Radiación gamma

La radiación gamma es una radiación electromagnética liberada por reacciones nucleares. Los rayos X, ondas radiales y la luz son otros ejemplos de radiación electromagnética. Los rayos gamma y la luz visible no tienen carga eléctrica o masa y viajan a la velocidad de la luz. A diferencia de la luz visible, los rayos gamma tienen mucha energía y pueden penetrar varias pulgadas en un material. La fuente de rayos gamma en el densímetro Elite, durante el proceso de desintegración a Ba-137, liberan partículas beta, los que son detenidos por la pared de la cápsula. El Cs-137 libera energía de rayos gamma igual a 0.662 Mev. Esta energía gamma se usa para determinar la densidad del material.

Vida Media

Una característica importante de los materiales radioactivos es que su actividad decae con el tiempo. La vida media ($T_{1/2}$) de los materiales radioactivos es el tiempo que toma en decaer la mitad de los átomos de una masa dada del material. Las vidas medias varían de fracciones de segundos a millones de años. Después de 10 vidas medias, se mantiene solo sólo 1/1,000 de la radioactividad.

Las dos fuentes en el modelo MC-3 Elite son cesio-137 para mediciones de densidad y americio-241/Be para mediciones de humedad. Cs-137 tiene una vida media de 30 años, mientras que Am-241/Be de 458 años.

Para aplicar la corrección por desintegración, se toma un conteo estándar cada día de uso del equipo y se calcula la tasa de conteo medido en el material con relación al conteo estándar, definido como Tasa de Conteo. La tasa de conteo corrige automáticamente cualquier desintegración en la fuente durante la medición.

Capítulo 5: Protección contra la radiación y salud radiológica

En este capítulo se tratan conceptos de protección contra la radiación y salud radiológica.

Términos

Roentgen

El Roentgen es equivalente a 1 unidad electrostática de carga proveniente de la interacción de radiación gamma en 0.001293 gramos de aire a 1 atmósfera de presión y es una unidad de exposición.

RAD

El Roentgen tiene un uso limitado ya que no considera la dosis efectiva de radiación. Inicialmente fue reemplazada por Dosis Absorbida de Radiación y corresponde a una unidad de dosis.

Rem

El RAD solo se aplica al aire, por lo que rápidamente fue reemplazada por Rem (Dosis biológica (humana) de radiación equivalente). Rem incluye la efectividad biológica de la dosis y está relacionada con el Roentgen por su Efectividad Biológica Relativa (RBE) o Factor de Calidad, y corresponde a una unidad de dosis, denominada como dosis equivalente.

Factor de Calidad (QF)

El factor de calidad toma en cuenta las diferencias de los efectos biológicos de diferentes radiaciones. Por ejemplo, QF para rayos X y rayos gamma es 1, 20 para partículas alfa y 10 para neutrones de gran energía.

Radiación Natural

La mayor forma de apreciar REM es conociendo cómo se relaciona con nuestra vida diaria. El ser humano está expuesto cada año de su vida a entre 100 a 300 mRem (miliRem) por año. Esta radiación proviene de diferentes fuentes.

| Fuente | Descripción | Dosis anual |
|------------|--|---|
| Cósmica | Proveniente del sol y otras fuentes espaciales y su reacción con la atmósfera terrestre. Aumenta 1 mrem por cada 100 pies de elevación sobre el nivel del mar. San Francisco (Nivel mar) Denver (5,280 pies) | 44 mRem 97 mRem |
| Tierra | De los materiales radioactivos en el suelo | 15 mRem |
| Vivienda | De los materiales de construcción . -Casa de piedra -Casa de ladrillo o concreto -Casa de madera | 50 mRem 45 mRem 35 mRem |
| Vida | Comida/bebida/respiración Cuerpo Televisión (2 horas al día) Viaje en avión (3000 millas) | 25 mRem 15-20 mRem 0.3 mRem 2 mRem |
| Ser humano | Falla pruebas de armas Medical X-rays Densímetro nuclear | 4 mRem 9-210 mRem per test 25 mRem/yr |

Fig 5.1 Radiación Natural y Dosis Anual

Por lo general, los totales anuales son 123 mRem para una persona que vive sola en una casa de madera en San Francisco y para quien no vuele, se enferme o vea televisión; y 272 mRem para alguien que viva en una casa de piedra en, vuele de costa a costa 10 veces en el año, vea televisión 4 horas diarias y se tome una radiografía dental (20 mRem).

No hay evidencia que sugiera que las personas que viven en regiones con mayor radiación natural tengan peor salud. Algunas de las personas más longevas del mundo viven en regiones montañosas. (En áreas de Brasil y la India la radiación natural es diez veces mayor que el promedio de otras partes del mundo).

El límite de exposición fijado por la Autoridad de Protección contra la Radiación de Estados Unidos es 5000 mRem por año para los trabajadores.

ALARA

As Low As is Reasonably Achievable (Tan bajo como sea razonablemente posible lograr) en relación a temas sociales y económicos

No importa cuales sean los límites legales permitidos, tanto el operador como su compañía deben revisar los procedimientos para determinar si se puede reducir la dosis con pasos razonables. Esto debe tener en cuenta todos los aspectos, es decir, se podría diseñar un densímetro nuclear con protección suficiente de forma que no escape nada o muy poca radiación, pero sería tan pesado que sería imposible de que sea un densímetro portátil práctico.

Hay tres formas en que el operador puede reducir la dosis:

| | |
|-------------------|---|
| Tiempo | Minimizar el tiempo de exposición |
| Distancia | No acercarse más de lo necesario |
| Protección | Colocar una protección entre la fuente y el operador. El densímetro tiene dicha protección incorporada. |

ALARA es otra forma de decir: Use el sentido común.

Tiempo **o**

Cuando el operador está usando una fuente radioactiva está dentro del campo de radiación de esa fuente. Si el operador reduce el tiempo que se pasa junto al densímetro se reduce considerablemente la dosis que recibe. La fuerza o tasa de dosis de ese campo se mide en mRem por hora. El operador recibirá una dosis para una tasa de dosis y tiempo en terreno dados.

$$\text{Dosis} = \text{Tasa de dosis} \times \text{Tiempo}$$

MENOS TIEMPO = MENOS DOSIS

Distancia

La distancia es una de las formas más efectivas para reducir la exposición a la radiación. La radiación parte de un punto fuente y a medida que la distancia crece, se dispersa en una superficie esférica. Su intensidad a cualquier distancia de la fuente depende del cuadrado de la distancia a la fuente.

$$I_1 \times (D_1)^2 = I_2 \times (D_2)^2$$

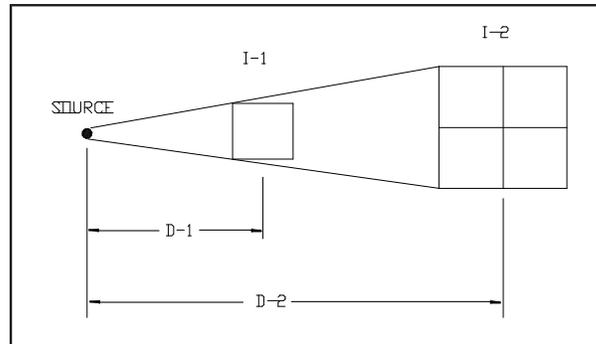


Fig 5.2 Distancia

Si la distancia se duplica, la tasa de radiación se reducirá en un cuarto. Acortar la distancia en la mitad implica que la tasa de dosis se multiplica por cuatro.

Protección

La protección es una forma efectiva de reducir la exposición a la radiación. Las partículas alfa pueden detenerse con una simple hoja de papel, sin embargo, la radiación gamma y de neutrones no se puede detener completamente con una protección, aunque sí se puede reducir. El polietileno, que contiene una gran concentración de hidrógeno, se usa generalmente para la protección contra neutrones. La protección usada para los rayos gamma es el tungsteno o el plomo.

MÁS PROTECCIÓN = MENOS DOSIS

Regulaciones

Como el material radioactivo es peligroso para el público general si no se usa apropiadamente, su posesión y uso está controlado por instituciones regulatorias.

Licencia

Para poseer y usar material radiactivo, la organización, corporación, sociedad o individuo deben tener una licencia de material radiactivo específica. Cuando alguna organización postula a una licencia, debe especificar el tipo, la forma y el uso del material radiactivo

| <u>Material Radiactivo</u> | <u>Forma</u> | <u>Cantidad</u> |
|----------------------------|----------------|-----------------------------|
| Cesium-137 | Fuente sellada | No excede 11 mCi por fuente |
| Americium-241/Be | Fuente sellada | No excede 44 mCi por fuente |

Uso Para usar en densímetro nuclear InstroTek MC-3 Elite

El monto especificado bajo cantidad es la actividad MAXIMA que no debe excederse para una sola fuente. Además, debe asegurarse que el almacenamiento es adecuado para el número de densímetros que está solicitando en la licencia.

El uso indicado debe ser lo más general posible, ya que el uso real será limitado a las aplicaciones especificada en la licencia. A menos que esté establecido, el densímetro no se puede usar para ayudarle a su hijo a hacer proyectos de ciencia.

Test de Fugas

Los densímetros nucleares usan material radiactivo que está doblemente encapsulado en acero inoxidable. La probabilidad de que se produzca una fuga es muy remota. Para verificar que la fuente sellada no tiene fugas, debe testearla periódicamente.

Se debe revisar el densímetro al momento de recibirlo y verificar que el test de fuga sea actual y no debe usarse hasta que así lo sea. En un periodo de 12 meses se debe realizar un nuevo test de fuga. El kit para el test de fuga tiene un hisopo o parche humedecido, páselo alrededor del área de la fuente, métalo en una bolsa plástica y envíelo al laboratorio para su análisis. Si se encuentra una contaminación de más de 0,005 micro curio, se considera que existe una fuga. Guarde una copia del certificado del test de fuga y otra copia en los archivos de RSO para los inspectores de la

institución regulatoria. Si el usuario tiene varios densímetros, es preferible someterlos al test al mismo tiempo, por ejemplo, primer día laboral de enero o julio.

Monitoreo Personal

La dosimetría (medición de la dosis en un individuo) es necesaria si la dosis esperada es 10% o más de la dosis permitida de 5,000 mRem en un año. La mayoría de las instituciones con licencia requieren un monitoreo personal para sus operadores. El uso apropiado de los densímetros resultará en una dosis menor al 1% de la dosis permitida, pero la mayoría de las instituciones regulatorias parten de la base de que se puede exceder si se usa en forma no apropiada y, por lo tanto, exigen la dosimetría. La dosimetría también se usa para una protección a largo plazo de las personas con licencia.

Entrenamiento

Las personas que usan dispositivos que contienen material radioactivo deben estar entrenadas en el uso seguro del densímetro y completar un curso aprobado ofrecido por alguna organización que posea una licencia para impartir dicho entrenamiento. En algunas organizaciones grandes, el Encargado de Seguridad en Radiación está entrenado y autorizado para impartir el curso.

Cuando está en terreno, el usuario debe estar disponible para una inspección y tener:

- Copia de los papeles de envío o conocimiento de embarque,
- Copia del formulario de Respuesta de Emergencia,
- Copia del Manual de Operaciones del densímetro,

Notifique a la institución regulatoria de cualquier incidente o condición que pueda poner en peligro al usuario o al público. Esto incluye lo siguiente para los usuarios:

Inmediato: Accidente que involucre una posible dispersión de material radiactivo o robo o pérdida. Dosis efectiva total equivalente a >5 Rem, pérdida igual a o mayor que una semana de operaciones, daño a la propiedad superior a 200.000 dólares.

24 Horas: Exposición de un individuo a 5 Rem o más, Accidente como resultado de la pérdida de uno o más días de operación o daño a la propiedad superior a 2.000 dólares

30 Días: Exposición de un individuo a más de la dosis permitida: Exposición ocupacional de 5 Rem, dosis de 0.5 Rem recibida por el embrión/feto durante todo el embarazo de una mujer que ha declarado estar embarazada, dosis a una persona individual del público de 0.1 Rem por año.

Plan de Seguridad

Cada organización debe tener un Plan de Seguridad de Radiación que describa los procedimientos a seguir y qué hacer en caso de incendio, robo y/o accidente.

Encargado de Seguridad de Radiación (RSO)

La persona con licencia debe designar a alguien en la organización encargado de Seguridad de Radiación (RSO). El RSO es el contacto con la institución regulatoria para ver que se sigan las regulaciones, además es la persona en la organización responsable de que se sigan las prácticas de seguridad y se mantengan los registros correspondientes. La designación de un Encargado de Seguridad de Radiación (RSO) no exime a los dueños/jefes de ser los últimos responsables.

Notificación a los empleados

Una “Notificación a los empleados” es un documento emitido por la institución regulatoria. Normalmente los problemas de seguridad deben ser reportados al encargado de seguridad de radiación o a un gerente. Este documento contiene direcciones y/o teléfonos para que los empleados se contacten en caso que no estén satisfechos con la respuesta de la organización.

Transferencia

El densímetro no debe ser transferido a un tercero para reparación, desecharlo, venderlo o usarlo a menos que este tercero esté autorizado para recibir el material radioactivo apropiado. Siempre recuerde que la persona que lo transfiere (que tiene la licencia) tiene la responsabilidad de tener una copia de la licencia de quien recibe la transferencia o de una declaración oficial de que están capacitados para recibir un tipo, forma y cantidad particular de material radioactivo. Mire los párrafos 6, 7, 8 y 9 para tener información sobre el tipo, la forma, la cantidad y el uso y verificar que la licencia no haya expirado. El marco regulatorio estipula que si el usuario pide una renovación dentro de 30 días de la fecha de renovación, la licencia se considera “Renovada Temporalmente” hasta que la institución regulatoria emita una nueva licencia. Si este es el caso, junto con la copia de la licencia pida una copia de la carta de Renovación Temporal de la institución regulatoria o una declaración de los terceros.

Almacenamiento Temporal

El uso del densímetro involucra sacarlo de su lugar de almacenamiento descrito en la licencia y llevarlo a terreno y otros lugares para hacer los test de los materiales. El usuario final es el responsable de verificar los requerimientos con las instituciones regulatorias antes de determinar un lugar de almacenamiento temporal. Normalmente, el densímetro se devuelve a su lugar de almacenamiento descrito en la licencia permanente en las tardes. Algunas veces es almacenado en lugares temporales, por ejemplo, un tráiler en terreno. Este almacenamiento debe seguir las mismas normas de seguridad, información y carga que la ubicación permanente. Si el densímetro debe permanecer en el lugar temporal por más de 30 días, se debe notificar a la

institución reguladora por carta o Fax. Si se quedará en el lugar temporal más de 180 días, se debe modificar la licencia. El densímetro no debe ser almacenado en un lugar inapropiado o en su hogar.

Reciprocidad

El material radioactivo puede ser usado en otra jurisdicción sólo temporalmente. La otra jurisdicción de licencia debe ser notificada por escrito con al menos 3 días de anticipación. Puede ser una carta que describa el dispositivo, la cantidad y tipo de material radioactivo que contiene, el lugar en que va a usarse el densímetro y la duración de uso. Adjunte una copia de su licencia.

Si fueran más de 180 días en cualquier año calendario, entonces será necesario obtener una licencia en la nueva jurisdicción.

Servicio/Mantenención

El servicio y la mantención es parte del Plan de Seguridad de Radiación de cualquier organización. Antes de cada uso, se debe revisar la integridad del disparador. Si la varilla fuente se atasca en la transmisión o en la posición expuesta, se considera una fuente expuesta.

Se deberá limpiar el área del bloque del disparador, dependiendo del tipo de suelo y el número de tests. Para minimizar la exposición, ponga la base del densímetro mirando en dirección contraria a Ud., permitiendo que el cuerpo del densímetro actúe como protección cuando saque el disparador. Use aire comprimido o un cepillo de mango largo para limpiar el área. Aun cuando la probabilidad es muy baja de que haya contaminación que se pueda remover, no hay justificación para limpiar la varilla con la mano desnuda.

Nota: La exposición a aproximadamente 0,6 cm de la varilla fuente es de prácticamente 800 mRem/hr.

Eliminación

El material radioactivo está clasificado como material peligroso. No debe ser eliminado sin tener en cuenta a los demás. Cuando la organización ya no necesite o no le sea útil el densímetro, lo mejor es enajenarlo. Un comerciante en desechos, como un fabricante, puede hacerse cargo de él por un cierto monto. En todo caso, el receptor debe tener la licencia correspondiente.

Capítulo 6: Transporte

Este capítulo trata sobre los requisitos necesarios para transportar el densímetro a terreno o de una instalación a otra.

Conocimiento General

El transporte de material peligroso está regulado por el Departamento de Transportes de Estados Unidos. Esto incluye el transporte de material radioactivo como el que se encuentra en los densímetro nucleares en vehículos privados por carreteras públicas. Las regulaciones están publicadas en Código Federal de Regulaciones, 49CFR100-177. La Oficina de Impresos del Gobierno tiene copias disponibles de esta publicación, las que se actualizan en octubre.

Nota: Las regulaciones definen cualquier empleado que esté involucrado con el transporte de materiales peligrosos, como empleado HAZMAT (MATERIAL PELIGROSO), y requiere que reciban el entrenamiento apropiada por el empleador HAZMAT. Este entrenamiento debe realizar dentro de los 90 días del contrato o transferencia y debe estar activo por tres años. El empleador es responsable de mantener los registros del entrenamiento y pruebas.

Funciones Especiales

Nombre Envío

La Tabla 172.101 de 49CFR100-177 contiene una lista de materiales peligrosos. El densímetro contiene material radioactivo doblemente encapsulado en cápsulas de acero inoxidable. El nombre de envío apropiado de esta lista es:

[RQ] Radioactive Material, Type A Package, Special Form, 7, UN 3332

[RQ] Material Radioactivo, Embalaje Tipo A, Formulario Especial, 7, UN 3332

El formulario especial describe la fuente sellada con mínima posibilidad de dispersar contaminación en un accidente. Esto debe estar certificado con un documento que se debe mantener archivado por al menos un año después del último envío (por ejemplo, la última vez que el densímetro fue transportado por un vehículo de la compañía por una carretera pública). Normalmente, este documento es entregado por el fabricante del densímetro. Si tiene densímetros de diferentes fabricantes debe tener un certificado de cada uno de ellos. Se puede usar una copia del certificado IAEA entregado por la autoridad competente, tal como se describe bajo Envíos Aéreos Internacionales para satisfacer este requerimiento. Al material radioactivo le corresponde Clase 7. UN3332 es un número asignado que permite seleccionar rápidamente los manuales de referencia.

Cantidades que se deben informar (RQ)

49CFR requiere que los envíos de cantidades de materiales peligrosos sobre ciertos niveles sean informados a EPA en caso de accidente. Los niveles que se deben informar para los materiales radioactivos en el densímetro según 172.101 App Tabla 2 son:

- Cs-137 1,000 mCi
- Am-241 10 mCi

Una cantidad entre 8 a 10 mCi de Cs-137 no debe ser informada, pero entre 40 a 50 de Am-241/Be debe ser informada. Se debe incluir RQ antes de la descripción para las cantidades que se deben informar. La etiqueta en el nombre de envío en el embalaje debe incluir RQ.

Embalaje

El embalaje en el cual se envía el densímetro debe cumplir con ciertos requerimientos. Para material radioactivo en Formulario Especial, es apropiado un embalaje Tipo A. El embalaje o prototipo debe ser testeado y se debe guardar una copia de los tests y certificación por al menos un año después del último envío. El fabricante del densímetro entrega normalmente este documento. El test incluye aspersion con agua, caída libre, caída sobre una esquina del equipo, compresión y test de penetración.

Etiquetado

Se debe seleccionar una etiqueta para material radioactivo de la siguiente tabla:

| RADIOACTIVO | Tasa de dosis en la superficie del embalaje | Índice de transporte |
|--------------------|--|-----------------------------|
| BLANCO-I | = o < 0.5 mRem/hr | NA |
| AMARILLO-II | >0.5 mRem/hr a = o < 50.0 mRem/hr | = o < 1.0 |
| AMARILLO-III | > 50.0 mRem/hr | = o < 10.0 |

Fig 6.1 Diferentes etiquetas de tasa de dosis e índices de transporte

El manual de instrucciones del densímetro incluye un dibujo del perfil de radiación, el cual muestra las mediciones de tasa de dosis en la superficie y a un metro de distancia. El modelo MC-3 Elite satisface la categoría RADIOACTIVIDAD AMARILLO II.

Las etiquetas RADIOACTIVIDAD AMARILLO II deben ser colocadas en dos superficies opuestas. El tipo de fuente, actividad de fuente e Índice de transporte deben concordar con los datos publicados por el fabricante.



Fig 6.2 Etiqueta Amarillo II

El Índice de Transporte (TI) es un indicador para el operador del vehículo del grado de control que se requiere. En realidad es la tasa de dosis en mrem/hr a un metro del paquete. Como se supone que será usado por personal no técnico, está expresado en números adimensionales redondeados al 1/10 más próximo. Para envíos de varios paquetes el conductor limita la capacidad total del vehículo a TI a 50. Los paquetes con TI de 1.0 o menos no deben estar a menos de 30 cm de los pasajeros. TI para MC-3 Elite es 0.5.

Marcado

El paquete debe estar marcado con lo siguiente:

Nombre de Envío

RQ, Radioactive material, special form Type A Package UN3332

Tipo Embalaje

7A TYPE A(caracteres de ½ pulg)

País de Origen
(Envíos Internacionales)

USA

InstroTek combina la siguiente información en una etiqueta.

Documentos de Envío

El envío debe ir acompañado de los siguientes documentos de embarque:

Nombre del embarcador

RQ, Descripción

Contenido y actividad (en paréntesis)

Categoría de la etiqueta

Índice de Transporte

Tipo Embalaje

Certificación/Firma: Esto no es necesario para un courier privado si el envío no será transferido a un tercero. Es más simple incluirlo, por si se llegara a necesitar.

Contacto de Emergencia: Un número telefónico que debe ser monitoreado todo el tiempo en que el envío esté en tránsito y que lo responda una persona con conocimientos sobre el material peligroso que se ha enviado y cuente con información para una respuesta de emergencia completa o tenga acceso inmediato a una persona con dicho conocimiento. Este número puede ser el de un número de la organización que tenga instrucciones de notificar al RSO. Cuando envíe el densímetro a al servicio técnico, ellos normalmente entregan un número con atención las 24 horas.

Respuesta de Emergencia

Además de la notificación de respuesta a emergencias al organismo de salud pública en caso de un accidente que involucre material radiactivo, se debe notificar al Número de Respuesta Nacional dentro de las 24 horas ocurrido el evento de un accidente durante el transporte de material radioactivo que libere material radioactivo, la muerte u hospitalización del personal o daño a la propiedad en un monto superior a 50.000 dólares.

**Número de Emergencia en Estados Unidos:
800-424-8802**

Número de emergencia de InstroTek : 800-535-5053

Preparación para el transporte

1. **Inspección** – Antes de cada envío se debe inspeccionar el densímetro y el embalaje.

La inspección debe incluir que:

- La manilla esté en la posición protegida y el disparador asegurado,
- Confirmar que el bloque del obturador este totalmente cerrado mediante inspección visual o de radiación,
- El densímetro está adecuadamente instalado en el embalaje y que éste contenga sólo los ítems necesarios,
- La integridad del embalaje, caja, goznes y pasadores estén de acuerdo con la certificación del embalaje,
- Todas las etiquetas y marcas de peligro estén puestas, sean legibles y se confirme que sean las correctas,
- El embalaje esté cerrado o sellado de forma que, mientras esté intacto, se vea que no ha sido abierto.

2. **Sujeción** - El embalaje debe ir sujeto dentro del vehículo para evitar que se mueva durante el transporte o un accidente menor. Para ello se pueden usar abrazaderas, cadenas, cuerdas de metal o cuerdas comunes.
3. **Seguridad** – El embalaje no debe ir en el compartimento de los pasajeros; preferiblemente debe ir en la parte trasera de una camioneta, la parte trasera de una van o en el maletero de un auto.
4. **Amarre** – El embalaje debe ir amarrado con cadenas o cable metálico y asegurado al piso de la camioneta, el área de carga de la van o el maletero del auto deben estar cerrados con llave para evitar robos. Se debe tener dos niveles de seguridad durante el transporte del densímetro.
5. **Conducción** - La conducción debe ser cuidadosa y preventiva, por ejemplo, mínimos cambios de pista y estacionarse en la parte más periférica de un estacionamiento público.
6. **Documentos de envío** – Los documentos de envío y la hoja de información de respuesta de emergencia deben estar a la vista y alcance (normalmente en el asiento del copiloto) del conductor. Con el fin de cumplir con HAZMAT y otros requerimientos regulatorios, se recomienda que cada densímetro tenga los siguientes documentos:
 - Conocimiento de embarque
 - Hoja de Respuesta a Emergencias
 - Certificado de Test de Fugas
 - Manual de operaciones
7. **Misceláneo** - YELLOW-II **no** requiere colocar letreros en el vehículo. El transporte del MC-3 Elite no requiere que se coloquen letreros en el vehículo.

Envíos Comerciales

Para los envíos comerciales se aplican los requerimientos ya definidos con los siguientes cambios o ampliaciones:

1. Etiqueta

Consignador/consignatario: debe ir una etiqueta con la dirección en el embalaje.

2. Cierre con llave o sellado

El embalaje debe ir con un sello de forma que si se rompe se sepa que hubo un acceso inapropiado

Los requerimientos adicionales dependen del modo de transporte comercial: camión, aéreo nacional y aéreo internacional.

Transporte por camión

Documentos de envío:

Los documentos de envío son el conocimiento de embarque, entregado por el transportista y llenado apropiadamente por el embarcador, y el formulario de respuesta a emergencias. Si se envía más de un densímetro, primero se debe hacer la lista de material peligroso. El conocimiento de embarque preimpreso incluye la certificación. En el anexo se entrega una muestra de conocimiento de embarque y respuesta a emergencias.

Conductor:

El conductor debe mantener los documentos de envío en un bolsillo de la puerta del lado de conductor.

Transporte aéreo, nacional

En Estados Unidos, no está autorizado el envío de material radioactivo contenido en el densímetro por transporte aéreo de personas. Sin embargo, Federal Express, una línea aérea de carga, puede transportar el densímetro a cualquier lugar dentro de Estados Unidos de un día para otro, en caso que sea necesario. A pesar de que es un envío nacional, Federal Express ha optado por seguir los requerimientos de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) en lugar de 49CFR. Esto requiere algunos cambios e información adicional.

Documentos de envío:

Federal Express tiene una combinación especial de documentos formada por un conocimiento de embarque aéreo y una declaración de bienes peligrosos (DG). El documento DG tiene lugares especiales para la información de envío y además incluye la certificación.

Las palabras "Cargo Aircraft Only" (Sólo carga aérea) deben aparecer en el conocimiento de embarque aéreo.

La actividad fuente debe estar establecida en unidades de Bq, en vez de o además de las unidades de mCi que aparecen en el documento DG.

10 mCi 370 MBq
50 mCi 1.85 GBq

En el documento DG debe aparecer el tamaño del paquete en mm o en metros

Etiqueta:

La actividad fuente debe estar establecida en unidades Bq, en vez de o además de las unidades de mCi dadas en las etiquetas RADIOACTIVO AMARILLO -II.

Una etiqueta para TRANSPORTE AÉREO SOLAMENTE debe estar colocada dentro de los 15 cm de cada una de las RADIOACTIVO AMARILLO -II.

Nota: Preste atención a los detalles al completar el formulario. Cualquier mínimo error, como dejar fuera el título del firmante será causa de rechazo del envío. El transportista no está autorizado para hacer correcciones.

Transporte aéreo Internacional

En transporte aéreo de material radioactivo está regulado por los requerimientos de IATA. La mayoría de los países fuera de Estados Unidos permiten que se transporten densímetros nucleares portátiles en aviones de pasajeros, sin embargo, cualquier envío internacional hacia o desde los Estados Unidos debe ser en transporte aéreo de carga.

Documentos de envío:

Los documentos de envío son el Conocimiento de embarque aéreo entregado por el transportista, el que ha sido llenado apropiadamente por el embarcador. El conocimiento de embarque preimpreso incluye la certificación. Una práctica común es que el embarcador entregue una Carta de Instrucciones, la cual incluye la declaración de exportación, el transportista, el cual a su vez completa el Conocimiento de Embarque aéreo.

Las palabras "Cargo Aircraft Only" deben aparecer en el Conocimiento de Embarque Aéreo.

Además del Conocimiento de Embarque Aéreo, el envío debe ir acompañado de una Declaración de Bienes Peligrosos de parte del Embarcador. Este formulario se obtiene del transportista aéreo, tiene un borde rayado como de un dulce y se necesitan dos copias. Es preferible contar con más copias en caso que haya más de un transportista involucrado en la ruta. En el anexo se puede ver una copia.

La actividad fuente debe estar establecida en Bq en el documento DG.

El tamaño del paquete en mm o metros debe estar declarado en el documento DG. El documento DG debe citar el número y Certificado de Autoridad Competente obtenido de la institución gubernamental apropiada antes de la primera exportación de tipo de fuentes en el densímetro. En Estados Unidos se obtiene de DOT. Este documento generalmente es suministrado por el fabricante del densímetro, quien lo obtiene del fabricante de la fuente. Estos documentos expiran, por lo que se deben tener copias actualizadas. Algunos embarcadores solicitan que copias del citado certificado se adjunten al documento DG. Se pueden usar los Certificados de Autoridad Competente archivados para satisfacer la certificación de Formulario Especial, la cual debe estar archivada por al menos un año después del último envío.

Etiqueta:

La actividad fuente debe estar establecida en unidades Bq, en vez de o además de las unidades de mCi dadas en las etiquetas RADIOACTIVO AMARILLO -II.

Una etiqueta para TRANSPORTE AÉREO SOLAMENTE debe estar colocada dentro de los 15 cm de cada una de las RADIOACTIVO AMARILLO -II.

Capítulo 7: Teoría del densímetro

En este capítulo se trata la teoría de la operación de densímetros nucleares.

La radiación gamma y de neutrones y su interacción con la materia es un tema complejo y difícil de cubrir en detalle en este manual. La discusión estará limitada a las aplicaciones de ingeniería de estas fuentes radioisótopas y su operación en terreno.

Medición de la densidad

La medición de la densidad con el densímetro se realiza con isótopo radioactivo Cesio-137 (Cs-137) y dos detectores Geiger Mueller (GM). Estas mediciones generalmente se realizan con dos modos diferentes, retrodispersión (BS) y transmisión directa. En el modo retrodispersión, la fuente y el detector están en el mismo plano. En la transmisión directa, se cava un hoyo en el material y se inserta la varilla fuente a la profundidad deseada, entre 50 to 300 mm.

Cs-137 tiene una energía máxima de 0.662 Mev. Los fotones de la fuente penetran el material de prueba y son dispersados hacia atrás por el detector GM o absorbidos por el material por el dispersor Compton y la absorción fotoeléctrica. El número de fotones detectados por los tubos GM es inversamente proporcional a la densidad del material en el rango de densidad de interés. Por ejemplo, un densímetro dado a una densidad de 110 PCF (1760 kg/m³) mostrará 1500 conteos; mientras que el mismo densímetro mostrará un conteo de 700 a una densidad de 160 PCF (2560 kg/m³); por ello, mientras más alto sean los conteos, menor será la densidad.

La etapa final del proceso de fabricación del densímetro es la calibración. El método de calibración de densidad usado por la mayoría de los fabricantes utiliza una ecuación exponencial que modela la relación entre las densidades conocidas y los conteos. InstroTek usa la siguiente ecuación:

$$CR = A \exp[-(WD/B)] + C$$

En donde A, B y C son parámetros del densímetro, CR es la tasa de conteos y WD es la densidad del material. Los valores A, B y C son conocidos comúnmente como constantes de calibración. Cuando se toma un conteo en terreno en el material de prueba, la densidad húmeda resultante (WD) mostrada en pantalla se calcula según:

$$WD = B \ln [A/(CR-C)]$$

La tasa de conteo (CR) de la ecuación anterior se calcula con la tasa de conteos en relación a los conteos estándar de referencia. Los conteos de prueba (DC) se dividen por los conteos estándar (DS).

$$CR = \frac{DC}{DS}$$

Cs-137 tiene una vida media de 30 años, 2.2 % de reducción en intensidad por año. La tasa de conteo se usa en este caso para corregir la desintegración natural de la fuente. Por este motivo, es muy importante que el usuario obtenga un conteo estándar de referencia preciso todos los días, ya que así se asegurará de que cualquier desintegración en los conteos sea compensada por la desintegración en el conteo estándar de referencia. Por ejemplo, seis meses después de la calibración, la fuente Cs-137 decaerá en 1.1% (1.1% reducción en conteos). El cambio de 1.1% se reflejará en los conteos de prueba y en el conteo estándar de referencia. La tasa de estos dos conteos cancelará el efecto del 1.1% en los conteos y, de hecho, normalizará los conteos, independientemente de la fecha de la prueba después de la calibración. Si no se usa una tasa de conteos se obtendrán lecturas erróneas cuando la desintegración de la fuente no es tomada en cuenta.

El software del densímetro usa el conteo gamma tomado en el lugar de la prueba y el conteo estándar para calcular y mostrar automáticamente la densidad húmeda (WD) del material.

Medición de Humedad

La medición de humedad en el densímetro se realiza con una fuente Americio-241: Berilio (Am-241:Be), la cual emite neutrones rápidos y un solo tubo de helio 3 (He-3). La medición de neutrones siempre se realiza en el modo retrodispersión. Tanto e Am-241:Be como el tubo He-3 están fijos dentro de la base del densímetro.

La energía promedio liberada por la fuente Am-241:Be es 4.5 Mev, con un rango de energía que va de 0 a 10 Mev. En el proceso de medición de humedad, los neutrones rápidos de la fuente interactúan con el núcleo de hidrógeno presente en el agua y se termalizan (ralentizan). El tubo de He-3 cuenta los neutrones térmicos. El aumento en el contenido de agua resulta en un aumento proporcional de los conteos de neutrones térmicos por el tubo de He-3.

Para la medición de humedad con el método de neutrones se parte de dos supuestos. El primero es que cualquier interacción entre la fuente y la material se debe a la interacción con el hidrógeno en la forma de agua. Al revisar la composición de

suelos normales en la literatura, la probabilidad de que la termalización en los suelos se deba a la interacción con el hidrógeno presente en el agua es muy grande. El segundo es que no hay elementos que absorban neutrones. Sin embargo, en los suelos para construcción, en suelos con presencia de boro, cloro presente en suelos costeros o en depósitos con presencia de óxido de hierro se pueden encontrar en concentración suficiente como para afectar las lecturas.

El software del densímetro tiene opciones de offset, de forma que las lecturas del densímetro pueden corregirse para dichas factores.

Profundidad de Medición

En el modo medición de densidad por retrodispersión la profundidad de medición es independiente de la densidad del material. En este modo, el 85% de las lecturas de densidad se realiza en los 64 mm superiores del material y el 15% restante, entre 64 100 mm de profundidad de material.

La profundidad de medición de humedad depende de la geometría del densímetro y del contenido de humedad de la materia. La medición de humedad se ve muy influenciada por el material que se encuentra más cerca del densímetro. En general, para un densímetro con un rango de medición de humedad entre 0-40 PCF (0 a 640 kg/m³), la profundidad de medición es de aproximadamente 230 mm para suelos que contienen 10 PCF (160 kg/m³) de humedad.

Calibración

Calibración de densidad – Para calibrar la densidad en el densímetro se usan bloques de densidad conocida. La finalidad de la calibración es calcular las constantes A, B y C que se usan en la ecuación de densidad. Una vez determinadas estas constantes, se puede usar el densímetro en terreno para calcular la densidad húmeda.

$$CR = A \exp[-(WD/B)] + C$$

Como la ecuación de densidad anterior usada en el densímetro tiene 3 constantes, es necesario usar tres bloques de densidad conocida en fábrica para obtener una calibración original. Existen varios métodos diferentes de calibrar el densímetro, ya será suponiendo ciertos criterios o usando datos históricos, sin embargo, la base de todos estos métodos depende de tener al menos tres diferentes conteos para tres bloques de densidad conocida.

Calibración de humedad – Para calibrar la humedad en el densímetro se usan al menos dos bloques de densidad de hidrógeno conocida, los que cubren un rango de humedad en los materiales de construcción. Los dos bloques que generalmente se usan para la calibración de humedad son magnesio (0 lb/ft³, 0 kg/m³) y una combinación de bloque de magnesio y polietileno (~ 35 lb/ft³, ~560 kg/m³). Se usan el conteo estándar del densímetro y los conteos en estos bloques en un ecuación lineal, tal como la que se muestra a continuación, para calcular los parámetros E (intersección) and F (inclinación).

$$M = A * MCR - B$$

MCR es la tasa de conteo de humedad, es decir, la tasa de conteo de humedad medido y el conteo estándar de referencia de humedad diario. El conteo de referencia diario se hace en un bloque de polietileno de alta densidad que viene con cada densímetro. M es el contenido de humedad del material en PCF o kg/m³. Los parámetros A y B se ingresan en la memoria del densímetro y se usan en terreno con la tasa de conteo obtenida del material de prueba para calcular el contenido de humedad a partir de la ecuación anterior.

Errores del densímetro

Densidad- Existen tres parámetros de errores inherentes a todos los densímetros: Precisión nuclear (P), Rugosidad de la superficie (SR), y Error de composición (CE).

La precisión-o la capacidad de repetir del densímetro está definida como la variación en lecturas de densidad repetitivas en el mismo punto de prueba en un tiempo de conteo dado. La precisión se calcula según la ecuación ($P = \sqrt{\text{Conteo} / \text{Inclinación}}$), la que depende del número de conteos tomados durante un periodo de tiempo dado y del volumen del material de prueba medido por un densímetro específico a una profundidad dada. La precisión para un densímetro normal para una lectura de un minuto al momento de su fabricación es de aproximadamente ± 0.5 PCF (8 kg/m³) en retrodispersión y de ± 0.25 PCF (4 kg/m³) en 6" de profundidad de transmisión directa. La reducción de la precisión a la largo de la vida del densímetro es insignificante (lapso de aproximadamente 20 años).

El error de rugosidad de la superficie-está causado por el flujo de fotones desde la fuente a los detectores en el espacio de aire inmediatamente debajo del densímetro. El error de rugosidad de superficie en profundidad por retrodispersión es mucho mayor que en transmisión directa. El error de superficie generalmente se calcula tomando una lectura con el densímetro ubicada directamente sobre el bloque de caliza y repitiendo la lectura en el mismo bloque a una distancia de 0.05" (1.3 mm) bajo el densímetro (100% vacíos de aire). La diferencia entre la lectura plana (directamente sobre el bloque) y la lectura a distancia es una medida del error esperado para superficies rugosas, tal como asfaltos de gradación abierta o asfaltos base gruesos.

Si se rellena la superficie con cemento Portland o con polvo de cemento, se puede reducir este error cuando se toman mediciones sobre materiales rugosos.

Error de composición – este error es causado por el efecto de las características del material en la densidad medida por el densímetro. Como la atenuación de los fotones es causada por composición química del material, las mediciones de densidad pueden verse significativamente afectadas por suelos con composiciones muy diferentes a las referencias con que se calibró el densímetro. Este error indica la cantidad de error que tendrá en sus mediciones cuando pase de una composición de suelo extrema a otra. El error de composición se determina al medir estándares de caliza y granito con densidades conocidas. Se dispone de estándares de caliza y granito homogéneos con composiciones que abarcan la mayoría de los suelos. El error de composición para densímetros nucleares se calcula con la siguiente ecuación:

$$CE = \frac{[(\text{Caliza (Densím)} - \text{Caliza (Real)}) - (\text{Granito (Real)} - \text{Granito (Densím)})]}{2}$$

Caliza (Densím) y Granito (Densím) son las densidades de caliza y granito medidos con el densímetro después de la calibración. Caliza (Real) y Granito (Real) son los valores reales de la densidad de la caliza y del granito. Este error indica el error que tendrá en sus mediciones cuando para de una composición extrema de suelo a otra.

El error de composición de la mayoría de los densímetros puede minimizarse al filtrar apropiadamente el sistema de detección y/o al ajustar la fuente a la distancia del detector. Aun cuando se puede minimizar este error, cualquier ajuste para reducirlo puede causar un error de superficie y una reducción de la capacidad de repetición del densímetro. Durante el proceso de diseño es muy importante optimizar la geometría del densímetro para reducir todos los errores anteriores a un límite aceptable.

Humedad – la fuente de humedad tiene una vida media de 430 años y la reducción de la precisión de humedad es insignificante durante la vida útil del densímetro.

Tal como se mencionó en las secciones previas de este manual, se parte de dos suposiciones en la medición de la humedad con el método de neutrones. El primero es que cualquier interacción entre la fuente y el material se debe a una interacción con el hidrógeno en forma de agua. El segundo, que no hay elementos que absorban neutrones. Sin embargo, en los suelos para construcción, en suelos con presencia de boro, cloro presente en suelos costeros o en depósitos con presencia de óxido de hierro se pueden encontrar en concentración suficiente como para afectar las lecturas. También la variación de enlace de hidrógeno en suelos arcillosos puede causar errores significativos en las lecturas de humedad del densímetro y debe corregirse con las funciones offset en MENÚ.

El software del densímetro tiene opciones de offset que consideran estos errores en las lecturas. Vea las funciones de Menú para mayores detalles sobre cómo corregir las

lecturas del densímetro con las funciones offset.

En este capítulo se tratan temas de mantención de rutina como procedimientos de test de fuga, mantención de rutina de los componentes del densímetro y datos para solucionar problemas.

Procedimiento del Test de Fuga

Su licencia requiere hacer un test de fuga, el que debe ser realizado al menos una vez cada doce meses (1 año), a menos que esté indicada otra cosa por su licencia. Para el test de fuga en el MC-3 Elite, siga el siguiente procedimiento:

1. Coloque el densímetro en una posición segura.
2. Saque los cuatro tornillos del panel frontal y saque el panel.
3. Ubique la etiqueta de radiación en la parte inferior del densímetro.
4. Use el kit de Test de Fuga InstroTek, número de parte I100100, humedezca un hisopo
5. Limpie la etiqueta de radiación con el hisopo.
6. Vuelva a poner el panel frontal e incline el densímetro sobre uno de sus lados.
7. Use el hisopo y páselo alrededor de abertura de la varilla fuente debajo del densímetro.
8. Guarde el hisopo en una de las bolsas plásticas del kit.
9. Registre la información del densímetro y de la fuente en el formulario previsto para ello en el kit.
10. Embale el hisopo y el formulario y envíelos a InstroTek para su análisis.
11. Apriete los cuatro tornillos del panel frontal y guarde el densímetro.

Mantención de rutina

Fuentes de radiación

El MC-3 Elite contiene dos fuentes radioactivas, las que no requieren mantención. La fuente pequeña americio-241:Berilio se encuentra en el centro de la copa de plomo, la cual está atornillada a un área protegida en el centro de la base del densímetro. **NO intente sacar esta fuente.** El cesio-137 se encuentra dentro del extremo de la varilla fuente, la cual está dentro del tubo guía. La fuente se fija dentro de la punta de la varilla fuente. En la posición de seguridad (manilla de la varilla fuente en la parte superior del tubo guía marcado “safe”) la fuente Cs-137 está rodeada por una protección de plomo y tungsteno. **NO INTENTE SACAR LA FUENTE DE LA VARILLA FUENTE.**

Placa inferior

Si se encuentran los siguientes problemas cuando se usa el densímetro se debe hacer una mantención al área de la placa inferior del densímetro. Los problemas son: dificultad para bajar o subir la varilla fuente cuando se sube o baja la manilla y/o conteos de densidad inusuales. Por lo general estos errores indican que tierra u otro material ha ingresado al fondo del densímetro y se necesita limpiar y agregar grasa fresca.

Importante: InstroTek usa y recomienda solo grasa MagnaLube G para este densímetro. MagnaLube tiene un relleno de teflón que entrega un rendimiento superior y de más duración para los ambientes en los cuales se usan estos densímetros.

MagnaLube G es una marca registrada de SaundersEnterprises, Inc. Teflon es una marca registrada de DuPont Company.

Procedimiento

1. Con la varilla fuente está en la posición "SAFE", coloque el densímetro de costado sobre la placa inferior a su izquierda o derecha. (Esta posición evitará una exposición innecesaria del operador.)
2. Examine la placa inferior. Limpie la cabeza de los tornillos, en caso que sea necesario, para poder sacarlos más fácilmente y evitar que la cabeza de los tornillos se deforme.
3. Use a un desatornillados Phillips para sacar la placa inferior. Es normal ver evidencia de desgaste, sin embargo, si existen grietas profundas donde se desliza el bloque deslizante, esto indica que la placa debe ser reemplazada. Debería haber un anillo raspador en el orificio de la placa inferior donde pasa la varilla fuente, si el anillo está desgastado o no está, llame a InstroTek para que lo reemplacen.
4. Si se ha acumulado una gran cantidad de suciedad en la cavidad sobre la placa inferior, el anillo raspador se ha desgastado y debe ser reemplazado. Saque el anillo de retención con un desatornillador pequeño para reemplazarlo. Se recomienda cambiarlo al menos una vez al año o más a menudo, dependiendo del uso. El anillo raspador puede ser empujado hacia afuera. Elimine cualquier

resto de toda la placa e instale un nuevo anillo raspador y anillo de retención. Agregue una capa delgada de grasa a la parte donde se desliza el bloque deslizante.

5. Para sacar la protección deslizante de tungsteno, use un desatornillador para sacar la protección del resorte. Recuerde ubicarse al lado con la varilla fuente en posición segura. Use un desatornillador para eliminar los restos de la cavidad del bloque deslizante.

Precaución: No use la mano para limpiar esta área.

Limpie el bloque deslizante y el resorte, agregue una capa delgada de grasa a los lados, parte superior e inferior y en los ángulos del bloque y vuelva a instalarlo. Asegúrese de que el extremo del resorte esté centrado en el soporte de sujeción del resorte, de forma que entre y salga en forma derecha.

Rodamientos de la varilla fuente

1. Los rodamientos de la varilla fuente necesitan una lubricación periódica con MagnaLube cuando se presentan problemas con el movimiento de la varilla hacia arriba y abajo. Agregue MagnaLube al hisopo y páselo por la varilla fuente en el punto de entrada al densímetro.

Limpieza

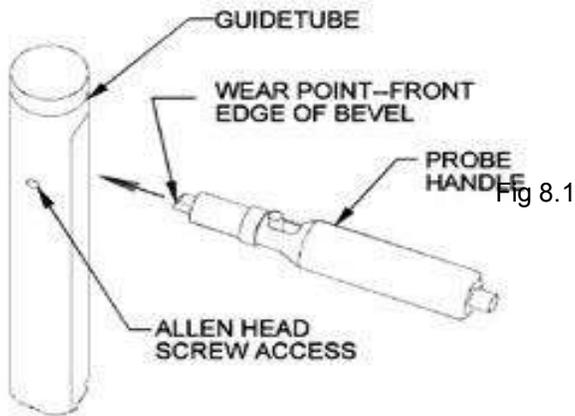
La mayoría de la limpieza del densímetro debe realizarse con un limpiador suave como 409 o con un limpiador cítrico como GooGone. No recomendamos usar gasolina o diésel o aceites para limpiar el densímetro ya estos químicos pueden dañar el plástico, la goma y los materiales sintéticos. Si la parte inferior del densímetro, que es de aluminio, se cubre con asfalto, use WD-40 o GooGone para sacarlo. Mantenga el asfalto licuado lejos de las superficies plásticas y los tapones. Asegúrese de haber eliminado todo tipo de residuos antes de volver a dejar el densímetro en condiciones de uso.

Inspección del conjunto de la manilla

Inspeccione mensualmente el conjunto de la manilla para revisar su desgaste.

1. Coloque la manilla en la posición BS
2. Suelte el tornillo hexagonal con una llave 5/32" en el lago del tubo guía SOLO hasta que la manilla esté suelta. No saque el tornillo.
3. Saque la manilla del tubo guía.
4. Revise si el borde biselado frontal de pasador de la manilla tiene desgaste excesivo.

Handle Assembly Inspection



5. Revise si las muescas dentro del tubo guía tienen desgaste excesivo.

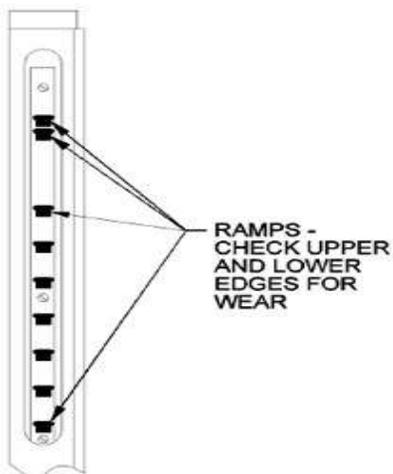


Fig 8.2

6. Vuelva a armar el conjunto de la manilla y apriete los tornillos con una llave Allen.

Nota: Si el desgaste en las muescas o pasadores es excesivo, tome contacto con el representante del servicio técnico de CPN- InstroTek.

Solución de problemas

| Síntoma | Causa probable |
|----------------------------------|--|
| El densímetro no enciende | <ol style="list-style-type: none">1. Baterías muertas, recargue o cambie las baterías2. El interior del densímetro está húmedo, séquelo3. El cable plano dentro del densímetro tiene fallas o no está conectado4. El teclado tiene fallas |
| Lecturas de densidad incorrectas | <ol style="list-style-type: none">1. Revise las constantes de calibración2. Revise el conteo estándar |
| Conteos erráticos | <ol style="list-style-type: none">1. Problema con el circuito, contacte a InstroTek |

Capítulo 9: Especificaciones y anexos

Especificaciones:

| | |
|--|---|
| Estándar nacionales e internacionales | ASTM D6938, D2950, D7013, D7759, C1040; AASHTO T310 |
| Rango medición de densidad | 1120 a 2720 Kg/m ³ (70 a 170 lbs/ft ³) |
| Rango medición de humedad | 0 a 640 Kg/m ³ (0 a 40 lbs/ft ³) |
| Fuente densidad | Cesio 137 |
| Fuente humedad | Americio 241: Berilio |
| Actividad fuente densidad | 370 MBq, 10 mCi |
| Actividad fuente humedad | 1.85 GBq, 50 mCi |
| Índice Transporte (TI) | 0.4 mRem |
| Precisión BS a 2000 Kg/m³ | 7.8 kg/m ³ (0.49 lbs/ft ³) |
| Precisión Transmisión Directa a 2000 Kg/m³ | 3.5 kg/m ³ (0.22 lbs/ft ³) |
| Precisión Humedad a 240 Kg/m³ | 4.42 kg/m ³ (0.28 lbs/ft ³) |
| Error Composición BS | 16 kg/m ³ (1.0 lbs/ft ³) |
| Error Composición Transmisión Directa | 13 kg/m ³ (0.8 lbs/ft ³) |
| Error superficie BS | 48 kg/m ³ 3.0 lbs/ft ³) |
| Error superficie 150 mm (6") profundidad | 16 kg/m ³ (1 lbs/ft ³) |
| Luz pantalla y teclado | Si |
| Monitoreo temperatura interna | Si |
| Materiales de protección | Plomo, Tungsteno y cadmio |
| Carcaza superior | Plástico estabilizada UV |
| Baterías | 6 NiMH AA recargables y una batería de respaldo 9v alcalina |
| Base y torre | Aluminio |
| Varilla fuente | Acero inoxidable |
| Tubo guía | Aluminio |
| Temperatura funcionamiento (ambiente) | -10° a 70° C (14° a 158° F) |
| Temperatura superficie máxima | 170° C (338° F) |
| Tamaño densímetro | 67.8cm x 35.8cm x 24.8cm (26.7"x14.1" x 9.75") |
| Peso | 13Kg (28.5 lbs) |
| Peso embalado | 40 Kg (90 lbs) |

Anexo 1: Muestra de Conocimiento de Embarque

Conocimiento de embarque

Embarcador:
ABC Company, Inc.
1234 John Smith Rd
Raleigh, NC 27617

UN 3332, RQ, Material radioactivo, formulario especial, NO FISIONABLE O
FISIONABLE EXCEPTO, 7
Embalaje Tipo "A", Contiene:

Cs-137, 370 MBq (10 mCi) Am-
241:Be, 1.85 GBq (50 mCi)

Etiqueta Radiactiva Amarillo II, TI=0.4

*****CONTACTO EMERGENCIA*****

1-800-535-5053

Embarcador _____

(Firma)

Apéndice 2: Información Respuesta de Emergencia

Información de Respuesta de emergencia de densímetros para transporte
Referencia DOT p5800.5 ERG93, y 49CFR

Peligro potencial

1) Nombre de envío apropiado

- Paquete material radiactivo tipo A tUN3332, formulario especial, fisionable y no fisionable, excepto, 7, RQ

2) Peligros para la salud

- La radiación presenta riesgo mínimo para la vida de las personas en caso de accidentes durante el transporte.
- Los paquetes no dañados son seguros; los paquetes dañados o material liberado de los paquetes puede ser peligro de radiación externa. No se sospecha contaminación.
- Los paquetes (cartones, cajas, tambores, artículos, etc.) identificados como “Tipo A” con una marca en los embalajes o en los documentos de envío contienen cantidades que no ponen en peligro la vida. Las fuentes radiactivas pueden liberarse si los paquetes se dañan en accidentes moderadamente severos.
- Paquetes (grande y pequeño, generalmente de metal) identificados como “Tipo B” con marcas en los paquetes o papeles de envío contienen cantidades potencialmente peligrosas para la vida. Debido al diseño, evaluación y test de paquetes, no se esperan emisiones que ponen la vida en peligro en caso de accidentes, excepto en aquellos de gran severidad.
- Los instrumentos comúnmente disponibles pueden detectar la mayoría de estos materiales.
- No se espera que el agua de control de fuego para transporte de carga cause contaminación.

3) Fuego o explosión

- Los embalajes pueden consumirse sin que haya pérdida de contenido de la cápsula de fuente.
- Las cápsulas de fuente radioactiva y paquetes Tipo B están diseñados para resistir temperaturas de 800°C.

Acción de emergencia

4) Precauciones inmediatas

- Las acciones de respuesta prioritarias pueden realizarse antes de tomar medidas de radiación.
- Las prioridades son salvar vidas, control del fuego y otros peligros y primeros auxilios.
- aislar el área de peligro y prohibir la entrada. Notificar a la Autoridad de Radiación en caso de accidente.
- Retrase la limpieza final hasta que la Autoridad de Radiación lo instruya o aconseje.
- Los aparatos de respiración a presión y ropa protectora de combate al fuego estructural proporcionan protección contra la exposición de radiación interna.
- Dependiendo del modelo de densímetro, llame a los siguientes números:
 - InstroTek, Inc. 1-800-535-5053

5) Fuego

- No mueva los paquetes dañados; saque los paquetes no dañados del área de fuego.
- Fuegos pequeños: Químicos secos, spray agua CO₂ o espuma regular.
- Fuegos grandes: spray de agua, agua en grandes cantidades

6) Derrame o fuga

- No toque los paquetes dañados o el material con derrame.
- Las superficies dañadas o mojadas en las superficies externas rara vez indican daño del contenedor interno.
- Si la fuente está fuera del paquete, manténgase alejado y espere consejo de la Autoridad de Radiación

7) Primeros auxilios

- Use un tratamiento de primeros auxilios de acuerdo a la naturaleza de las heridas.
- Las personas expuestas a fuentes de formas especiales probablemente no se contaminen con material radioactivo.

Anexo 3: Perfil de Radiación del Modelo MC-3 Elite



Fig A3.1 Perfil Radiación Caja Cerrada

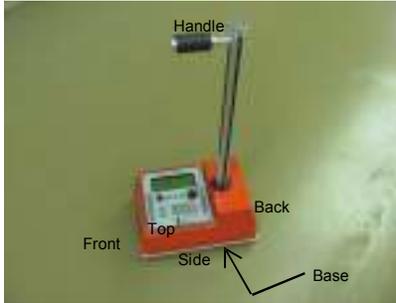


Fig A3.2 Perfil radiación densímetro



Fig A3.3 Perfil Radiación Caja Abierta

| Lecturas en in MREM/HR @ "X" Metros | | Frente | | Atrás | | Lado izq. | | Lado der- | | Arriba | | Abajo | | Manilla | |
|---|------|--------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|---------|-----------|
| | | Gamma | Neutrones | Gamma | Neutrones | Gamma | Neutrones | Gamma | Neutrones | Gamma | Neutrones | Gamma | Neutrones | Gamma | Neutrones |
| Densim | .05M | 5.0 | 2.0 | 6.0 | 2.0 | 4.0 | 1.6 | 5.5 | 1.4 | 2.8 | 2.0 | 12.0 | 4.0 | 0.2 | 0.8 |
| | .3 M | 0.5 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 0.1 | 0.2 | 1.2 | 0.1 | 1.2 | 0.3 | 4.0 | 1.0 | | |
| | 1.0M | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | | |
| Caja | .05M | 2.2 | 0.8 | 1.5 | 1.2 | 0.3 | 0.2 | 4.0 | 2.0 | 3.0 | 0.4 | 3.0 | 1.2 | | |
| | .3M | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 0.2 | 1.1 | 0.3 | | |
| | 1.0M | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.01 | | |

Notas:

- 1- Mediciones gamma hechas con Victoreen Model 492 de cámara ionizante, S/N 3695, calibrado 11 Ene 2012.
- 2- Mediciones por neutrones hechas con Ludlum Model 12-4 neutrones, S/N 237866, calibrado 30 SEP 2011.
- 3- Tasa de dosis son 10 (+/- 10%) mCi Cs-137 fuente gamma y 40 (+/- 10%) mCi Am241:Be fuente neutrones.

Garantía

InstroTek, Inc. Entrega una garantía limitada a 2 años por el modelo MC3 Elite™ al comprador original de este equipo. Esta garantía cubre defectos en los materiales, mano de obra y operación bajo condiciones normales de uso y mantenimiento adecuada. Esta garantía incluye todos los componentes, excepto el desgaste normal de los componentes, entre los que se incluyen todos los accesorios, caja de transporte, sellos, baterías, anillo raspador y bloque de referencia estándar.

InstroTek reemplazará, sin cargo, cualquier parte que esté defectuosa dentro del periodo de garantía.

Esta garantía deja de ser válida si al realizar una inspección se encuentra evidencia de abuso, aml uso o reparación no autorizada.

Esta garantía cubre solamente el reemplazo de materiales defectuosos y mano de obra. No cubre cargos por envío, servicios o impuestos en el transporte hacia y desde la fábrica o centro de servicio autorizado.

En todos los casos, la responsabilidad de InstroTek está limitada al precio de reemplazo de sus productos. InstroTek no será responsable de ningún otro daño, ya sea como consecuencia de, indirecto o que sea causado por el uso de este producto.

Si es necesario devolver este producto, por favor incluya la dirección de devolución, nombre de contacto, teléfono y fax y una descripción de las acciones a tomar.

Llame a InstroTek, Inc. Para mayores detalles acerca del envío al (919) 875-8371

ESTABLECIENDO NUEVOS ESTÁNDARES

En InstroTek nos especializamos en la fusión de innovación en los productos con un servicio ejemplar. Nuestros clientes son nuestra prioridad. Por ello trabajamos duramente para identificar y solucionar problemas en la industria y creamos new y fascinantes soluciones en productos, las que son precisas, prácticas y rentables para Ud. Contacte a nuestro staff de profesionales altamente calificados hoy y experimente la forma de hacer negocios de InstroTek.

Nuestra misión es guiar a la industria a través de instrumentación innovadora, servicio al cliente ejemplar y una infraestructura de empleados orgullosos y dedicados.

Headquarters/East Coast

5908 Triangle Drive, Raleigh, NC 27617

919.875.8371

Central US

4495 44th St. SE Suite A, Grand Rapids, MI 49512

616.726.5850

850 East 73rd Avenue Unit 12, Denver, CO 80229

303.955.5740

West Coast

Southern Area

6625 S. Valley View Blvd. Suite. 400, Las Vegas, NV 89118

702.270.3885

Northern Area

5052 Commercial Circle, Concord, CA 94520

925.363.9770