

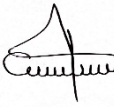




PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABIODAD "LUGEON"


NI-PR-O-38

VERSIÓN 0

ELABORACIÓN 11/7/2023

Elaborado por:	Revisado Por	Aprobado por:	Fecha de Aprobación:
Carlos Pabon Coordinador Operaciones	Leandro Santamaría Coordinador HSE	Juan Zapata Gerente General	15/7/2023
			Nota: este documento tiene validez hasta que esté firmado por los responsables.

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.

 KLUANE NICARAGUA S.A.	GESTIÓN DE OPERACIONES		
	PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD “LUGEON”		
Código NI-PR-O-38	Versión: 0	Fecha Elaboración: 15/07/2023	Páginas: 2 de 16

1. OBJETIVO

Definir las actividades necesarias para la realización de ensayos de permeabilidad tipo LUGEON, que permita determinar la conductividad hidráulica en el macizo rocoso y garantizar la seguridad de las personas durante las maniobras.

2. ALCANCE

Este procedimiento debe ser de conocimiento de perforistas, auxiliares de perforación y supervisores que cuenten con la formación y conocimiento para este tipo de ensayos.


3. RESPONSABLES

No.	RESPONSABLE	ACTIVIDAD
3.1.	GERENTE DE OPERACIONES	<ul style="list-style-type: none"> Responsable de la actualización y aprobación de este procedimiento, y verificar el cumplimiento por parte de las personas involucradas.
3.2.	SUPERVISOR DE PERFORACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Liderar y planificar la realización de los ensayos, validando su cumplimiento.
3.3.	PERFORISTA	<ul style="list-style-type: none"> Responsables de instalar los equipos de obturación según las necesidades del cliente, y cumplir con los parámetros de bombeo definidas.
3.4.	AUXILIAR DE PERFORACION	<ul style="list-style-type: none"> Responsable de ejecutar los pasos definidos en este procedimiento, garantizando la ejecución segura de las herramientas y equipos.
3.5.	GESTOR HSE	<ul style="list-style-type: none"> Responsables de supervisar la correcta ejecución de este procedimiento en campo, en la identificación de riesgos que ayuden a prevenir incidentes y accidentes durante la realización de este tipo de ensayos.

4. DEFINICIONES

ENSAYO LUGEON; ensayo de campo que se realiza con sondeos, únicamente en rocas consolidadas, confinándolos con obturadores simples o dobles, para medir la permeabilidad. Consiste en medir el volumen de agua (V) que se inyecta durante un tiempo (t), es decir, con el caudal $Q=V/t$, en un tramo de sondeo de longitud (L) a una presión determinada (Ht).

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.

 KLUANE NICARAGUA S.A.	GESTIÓN DE OPERACIONES		
	PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD “LUGEON”		
Código NI-PR-O-38	Versión: 0	Fecha Elaboración: 15/07/2023	Páginas: 3 de 16

STUFFING BOX (PRENSAESTOPAS); Proporciona un sello en la barra de perforación y en contra de la línea Warelina y la línea de inflación. Esto permite que el agua sea bombeada bajo presión y no retorne por el espacio que deja la línea Warelina y la línea de inflación.

OBTURADOR O PACKER; Los packers inflables contienen elementos de caucho que se refuerzan con dos capas de cables de acero incrustadas en el caucho natural. Cuentan con un cabezal móvil y tienen la capacidad de duplicar el tamaño de su diámetro de ejecución inicial.

FLAUTA; un tubo en acero inoxidable que puede medir entre 1 y 2 metros de longitud, con orificios a lo largo de este, permitiendo que salga el agua a presión cuando se inyecte desde la superficie. Su ubicación va entre los obturadores que sellaran la parte superior e inferior del tramo deseado en el ensayo y solo se utiliza en el ensayo doble.

ENSAYO PACKER SIMPLE O DE FONDO; Consiste en el uso de dos packers, uno sella adentro de la tubería y el otro afuera, en la parte superior del tramo a ensayar. Se utiliza cuando se desea hacer el ensayo en la medida en el que la perforación avanza, es decir que el límite inferior del ensayo es el frente de perforación. Se inyecta agua a presión por el tubo central y se deja salir por el extremo inferior del packer, aquí se toma la medida de caudal absorbido por la formación.

ENSAYO PACKER DOBLE; Este consiste en el uso de tres packers, uno obtura dentro de la tubería y los otros dos obturan la parte superior e inferior del tramo a ensayar quedando en medio la flauta por la cual saldrá el agua inyectada desde la superficie. En el extremo inferior del último packer se deja un tapón para que el agua no salga por ahí sino obligarla a salir por los orificios de flauta. Este arreglo se utiliza cuando se desean hacer las pruebas una vez terminada la perforación y se van subiendo los packers para probar la permeabilidad en los tramos de interés.

SEATING CONE O CONO ASENTADOR; Este se encarga de asentar la sarta de obturadores, ya sea tipo sencillo o doble, en la broca de perforación dando seguridad a la operación y menor esfuerzo de carga.

PULMON O ROMPEOLAS; Este sirve para amortiguar cualquier pico de presión en la línea de agua, protegiendo el resto del sistema. Consta de una ojiva de hierro, la cual lleva adentro una bola de caucho con nitrógeno, previamente presurizado. Esta bola de caucho es la que recibe toda la presión en caso de un incidente.



GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDA "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 4 de 16

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD:


Antes que cualquier persona se le asigne tareas o trabajos asociados con la identificación de peligro, **debe ser capacitado y asegurar que ha obtenido la comprensión, conocimiento y habilidades, para la realización de las actividades de una manera segura, a través de los módulos siguientes:**

- Inducción HSE
- Capacitación básica teórica y práctica antes de iniciar una operación en proyecto.
- Requisitos de capacitación que sean solicitados por el cliente, debidamente aprobados cuando aplique.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

			
Casco	Lente de seguridad	Guantes Hyflex	Nuquera
			
Uniforme de KLUANE	Orejas	Botas de hule o Cuero punta de acero	

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.

 KLUANE NICARAGUA S.A.	GESTIÓN DE OPERACIONES		
	PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD “LUGEON”		
Código NI-PR-O-38	Versión: 0	Fecha Elaboración: 15/07/2023	Páginas: 5 de 16

ASPECTOS GENERALES


Un obturador que quede en una zona muy fracturada de roca dura y filosa, al inflarse puede estallar, lo cual retrasaría la operación, por ello se debe;

- Tener precaución a la hora de elegir el sitio del ensayo y también verificar con anterioridad la calidad del obturador, posibles fugas o fisuras.
- La línea de inflación se puede obstruir de alguna manera en el recorrido y/o en superficie. Para prevenir este problema se debe usar un carrete, una polea y cerciorarse que los pandequesos del Stuffing box estén bien ubicados. No dejar que el cable wareline roce contra la manguera de inflación.
- Revisar que el regulador este en perfecto estado y sea adecuado para la presión requerida.
- Revisar todas las conexiones para que no exista la posibilidad de fuga, revisar todas las tuercas y férulas antes de introducir la sarta. También verificar calidad de la línea de inflación, es decir que no tenga dobleces o partidura en algún tramo.
- Si hay picos de presión en el ensayo ya sea por obstrucción o por consumo nulo, se debe tener conectado el pulmón para que reciba esta descarga y proteja el resto de la línea. Además de las conexiones pertinentes para el desfogue. No se debe dejar pasar de la presión a más de 10 bar.
- El personal de la plataforma debe ubicado cerca del taladro y no cercano a las líneas de conducción. Debido a que se manejan altas presiones de nitrógeno, cualquier impase se controlará más fácilmente con un mínimo de personal.
- Con respecto al nitrógeno, se debe tener identificado de manera detallada la ubicación, contenido (presión máxima de carga), estado (inspección visual y presión hidrostática), empresa que lo suministra, presión máxima de carga permitida, presión máxima de trabajo, color con el cual está identificado el cilindro, sitio de operación y de almacenamiento.
- Señalizar los cilindros utilizando los pictogramas de Naciones Unidas.
- Mantener en el sitio de trabajo la Hoja de Seguridad del producto.
- Llevar en el vehículo en el que se transporta el Nitrógeno, la tarjeta de emergencia.

TECNICAS DE MANEJO DEL NITRÓGENO

- Utilice elementos de protección personal: Gafas, guantes, casco.
- En caso de emergencia consulte la Hoja de Seguridad del producto.
- El transporte de los cilindros se realizará en posición vertical, teniendo en cuenta el peso (72Kg). Se debe evitar dejarlo caer.
- Todo cilindro fuera de uso debe colocársele la capucha o caperuza protectora y un letrero que así lo indique.

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.

 KLUANE NICARAGUA S.A.	GESTIÓN DE OPERACIONES		
	PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"		
Código NI-PR-O-38	Versión: 0	Fecha Elaboración: 15/07/2023	Páginas: 6 de 16

- Los cilindros vacíos deberán ubicarse en sitios separados de los llenos.
- Proteja los cilindros de la humedad y la luz directa del sol.
- Las válvulas no deberán ser removidas o separadas sino por el proveedor responsable del gas en cuestión.
- Nunca someta los cilindros de gases a abusos mecánicos, ni a temperaturas que excedan de 52 °C.
- Jamás levante los cilindros por medio de herramientas o equipos mecánicos tales como eslingas de la tapa o caperuza, ni con electroimanes.
- No se podrán manejar los cilindros con las manos o herramientas impregnadas de grasa.

TECNICAS DE ALMACENAMIENTO DEL NITRÓGENO:

- El área de almacenamiento de los cilindros debe mantenerse libre de sustancias inflamables, volátiles y materiales altamente combustibles. Preferiblemente ubicar en un sitio especial, señalizado.
- No almacenar en áreas de tráfico pesado (pasillos) para evitar que puedan ser golpeados o dañados.
- El cilindro se debe almacenar de manera vertical, evitar que esto se haga de manera Horizontal
- En el área de almacenamiento se debe contar con las hojas de seguridad del producto.


MEDIDAS DE EMERGENCIA EN CASO DE ESCAPE:

- Avise cualquier irregularidad que detecte inmediatamente al proveedor.
- Por ningún motivo remueva el cilindro de su lugar si no está entrenado para ello, esto solo le está permitido al proveedor o personal capacitado.
- Ventile si le es posible bien el área del escape.
- Elimine fuentes de ignición, calor, equipos eléctricos y cargas estáticas.
- Evacue al personal cercano al área del escape en dirección contraria a la del viento.
- Si va a ingresar al área recuerde usar los elementos de protección respiratoria, solo en caso de áreas confinadas

PLAN DE MANTENIMIENTO:

- Por ningún motivo remueva la etiqueta, logo o numeración que traen los cilindros.
- Inmediatamente se termine o se presuma que el cilindro está vacío o su contenido es escaso avise al proveedor para que este sea recogido y recargado.

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.

 KLUANE NICARAGUA S.A.	GESTIÓN DE OPERACIONES		
	PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDA “LUGEON”		
Código NI-PR-O-38	Versión: 0	Fecha Elaboración: 15/07/2023	Páginas: 7 de 16

- Verifique que la etiqueta tenga la fecha en la cual se realizó la última prueba hidrostática y la fecha en la cual se realizara la siguiente con una diferencia de 5 años.
- Verifique que el manómetro y todas las conexiones permanezcan libres de grasa y visible los indicadores de presión.
- Las válvulas de los cilindros no deberán ser removidas o reparadas sino por el proveedor responsable del gas en cuestión.
- No utilice llaves para abrir o cerrar las válvulas de los cilindros.
- No deberá martillarse, ni forzarse las volantes de las válvulas para abrir o cerrar las mismas.

5. DESARROLLO

PROVEEDOR	INSUMO (Documentos)	PROCESO		PRODUCTO FINAL	CLIENTE
		RESPONSABLE	ACTIVIDAD		
Gerente comercial	Email, acta de reunión, contrato, llamada telefónica Solicitud del cliente para la realización de pruebas	Gerente de operaciones	1. Autoriza e indica la realización de pruebas de permeabilidad.	Email, acta de reunión, llamada telefónica	Supervisor jefe de proyecto
Supervisor jefe de proyecto		Perforista	2. Introducir tubería de perforación hasta el frente contando los tubos verificando la medida del pozo. Al introducir la tubería se debe colocar en la roca en su parte superior un hilo de cinta aislante para que actúe como sello en las juntas de las roscas evitando que haya fugas de agua al ejercer presión para el ensayo. 2.1 Probar las uniones de los	Inspección Pruebas Lugeon	

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.



KLUANE NICARAGUA S.A.

GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 8 de 16

			<p>tubos y los obturadores, poniendo un tapón en la punta y realizando prueba de presión de aire inflando los obturadores afuera. Se puede pasar agua con jabón en los obturadores y mangueras para descartar fugas.</p>		
<p>Supervisor jefe de proyecto</p>		<p>Perforista</p>	<p>3. Estando la tubería en el frente se retira hasta el lugar indicado para el primer ensayo. Este lugar será determinado por el geólogo a cargo o ingeniero hidrogeólogo. Se procede a medir nivel freático antes de introducir los packeres.</p> <p>3.1 Instalar el equipo de ensayos introduciendo el primer packer y la flauta o flautas según su longitud, se sostienen en la boca del pozo con una platina resistente que tiene una ranura en medio donde pasa el tubo galvanizado, pero se sostiene la unión. Posteriormente se introducen los dos packeres restantes unidos, en medio está el SEATING CONE, todo este conjunto se une y se conecta la manguera del nitrógeno para que todos los packers queden con su línea de inflado.</p>	<p>Inspección Pruebas Lugeon</p>	

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.



KLUANE NICARAGUA S.A.

GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 9 de 16

			<p>NOTA(EI Stuffing box debe ir entre los dos últimos packer, sostenido por el seating cone en su parte superior para que cuando llegue a la boca del tubo quede dentro de la sarta de packers.) se continua bajando la sarta de packers hasta llegar a la broca donde quedara asentado el seating cone, en el viaje se debe colocar cinta aislante cada dos metros aproximadamente para unir el cable warelina con la manguera de inflado, esto evita que la manguera se enrede en el interior de la tubería y cause bloqueo en la línea de inflado. Una vez en el sitio asignado se continúa acoplado el Stuffing box a la tubería de perforación, este debe estar desarmado quitando las almohadillas o "pandehuesos" y las platinas de presión.</p>		
Supervisor jefe de proyecto		Perforista	<p>4. Se procede a conectar la manguera que está en la parte externa del carrete, el cual es la conexión del tanque de nitrógeno con la línea de inflado. Se inflan los packer teniendo en cuenta que la presión hidrostática por metro en el pozo es de 1.4 psi así que se multiplica este valor con la longitud a donde se encuentran los packer y el resultado será los psi a los que</p>	Inspección Pruebas Lugeon	

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.



GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 10 de 16

debemos inflar, siempre para asegurar un óptimo sellamiento se incrementa al resultado de 50 a 100 psi, puede que en algunos casos haya variables que impidan el funcionamiento normal de la presión, así que se pueden calibrar con un poco más de nitrógeno, calculando que no es bueno que pasemos de 600 psi en pozos de menos de 200 metros, si es mayor la profundidad pueden trabajar en 700 psi. Máximo.

4.1 Una vez inflados a la presión que haya tenido lugar, entonces dejamos unos 10 minutos con la llave del flujo de nitrógeno abierta para que entre el nitrógeno necesario para mantener la presión.

4.2 Cuando hayan pasado los 10 minutos se cierra la válvula de alimentación de nitrógeno de los packeres y la aguja en el manómetro debe permanecer en el lugar donde hayamos marcado la presión requerida, se esperan 5 minutos para constatar que se mantiene la presión. En caso de que no sea así hay una fuga y se debe retirar la sarta después



KLUANE NICARAGUA S.A.

GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 11 de 16

			de desinflar lo que haya entrado y verificar nuevamente afuera las posibles fugas.		
Supervisor jefe de proyecto		Perforista	<p>5. Si el inflado es exitoso, entonces se procede a armar el Stuffing box, colocando las arandelas gruesas metálicas con su ranura entre el cable warelíne y la manguera de inflado, se colocan dos, luego se colocan los empaques contrariándolos en cada ingreso para que hagan un sello efectivo, por último se coloca la arandela gruesa para que haga presión al enroscar la tapa.</p> <p>5.1 Armar la línea de presión de agua. Esta consiste en una bomba de caudal o pistón que va conectada al pulmón de regulación de presión y luego al regulador de caudal. Este a su vez va conectado a la línea de agua compuesta por el caudalímetro y manómetro de presión de agua.</p> <p>5.2 La salida de la línea de presión va directamente al Stuffing box el cual</p>	Inspección Pruebas Lugeon	

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.



KLUANE NICARAGUA S.A.

GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 12 de 16

			tiene su conexión en la parte lateral del mismo. Allí se conecta la manguera.		
Supervisor jefe de proyecto			<p>6. Una vez que todo esté conectado, se inicia con el bombeo del agua haciendo primero pruebas de bombeo y estabilidad del caudal.</p> <p>6.1 Al iniciar el ensayo se bombea agua al pozo regulando el caudal con las llaves de paso y verificando la toma de agua con el cuenta litros, lo mismo que la presión con el manómetro.</p>	Inspección Pruebas Lugeon	
			<p>7. Realizar la prueba tipo Lugeon teniendo en cuenta que el valor de RQD de la roca debe superar un 70%. Se debe estabilizar el caudal durante 10 minutos.</p> <p>7.1 Se iniciará el ciclo de prueba con presiones primero-crecientes y después decrecientes, medidas en el manómetro. Se utilizarán siempre cinco valores de presión en el siguiente orden, de</p>	Inspección Pruebas Lugeon	

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.



KLUANE NICARAGUA S.A.

GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 13 de 16

acuerdo con los procedimientos usados comúnmente.

Presión en el manómetro en kg/cm²: será la acordada con el cliente puede ir de 2 bar hasta 10 bar (estos parámetros de bombeo serán determinados por el cliente y entregados a Kluane)

7.2 Para cada una de las presiones del ciclo de prueba se esperará la estabilización del flujo hasta que llegue a un valor constante, valor que se mantendrá por 10 minutos, antes de pasar al otro valor de presión establecido. En el ciclo se reportarán los siguientes datos:

- Profundidad del tramo de prueba.
- Diámetro de la perforación y la tubería.
- Presiones en el manómetro y los correspondientes caudales constantes.
- Una vez terminado este ciclo se da por terminado el



KLUANE NICARAGUA S.A.

GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

Código NI-PR-O-38

Versión: 0

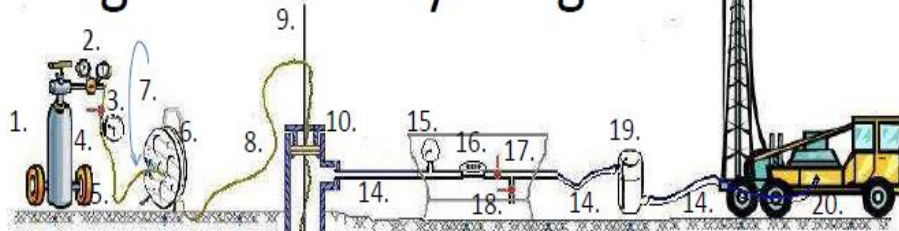
Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 14 de 16

ensayo en este tramo y se procede a desinflar los obturadores y reiniciar todo de nuevo en una profundidad distinta

GRAFICO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL ENSAYO LUGEON

Vista general ensayo Lugeón



- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Balón de Nitrógeno | 9. Cable Wireline |
| 2. Válvula Reguladora de Presión | 10. Stuffing Box |
| 3. Llave Reguladora | 11. Obturador – Packer |
| 4. Manómetro de Presión de Packer | 12. Baquelita |
| 5. Manguera de presión | 13. Corona – Broca |
| 6. Carrete de línea de inflación | 14. Manguera de presión del Agua inyectado |
| 7. Llave de drenaje (del gas) | 15. Manómetro de presión de agua |
| 8. Línea de inflación | 16. Caudalímetro |
| | 17. Llaves reguladora |
| | 18. Llave reguladora y de drenaje del agua |
| | 19. Estabilizador de turbulencia |
| | 20. Bomba hidráulica. |

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.



GESTIÓN DE OPERACIONES

PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON"

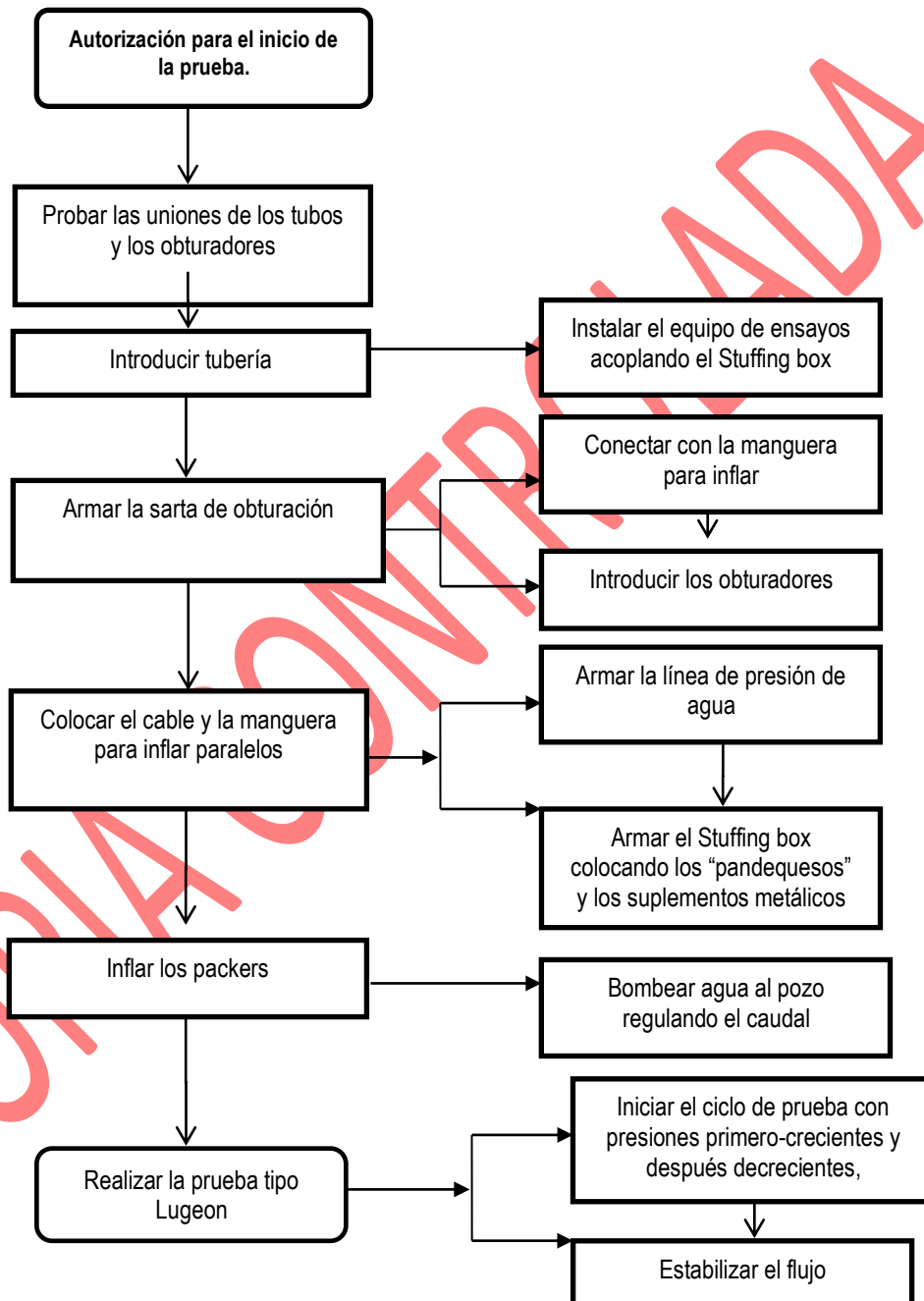
Código NI-PR-O-38

Versión: 0


Fecha Elaboración: 15/07/2023

Páginas: 15 de 16

8. DIAGRAMA DE FLUJO



Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.

 KLUANE NICARAGUA S.A.	GESTIÓN DE OPERACIONES		
	PROCEDIMIENTO PARA ENSAYOS DE PERMEABILIDA "LUGEON"		
Código NI-PR-O-38	Versión: 0	Fecha Elaboración: 15/07/2023	Páginas: 16 de 16

6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

S/N

CONTROL DE CAMBIOS				
<i>Responsable</i>	<i>Motivo del Cambio:</i>	<i>Versión</i>	<i>Fecha:</i>	<i>Capacitación Requerida</i>
Carlos Pabon Coordinador Operaciones	Creación del documento	0	11/7/2023	NO

Este documento es propiedad de Kluane Nicaragua S.A., queda prohibida su reproducción total o parcial.