

# Comparación de técnicas de corte drástico del servicio de agua potable

## Comparison of drastic cut-off techniques of potable water service

Recibido: enero 03 de 2018 | Revisado: marzo 14 de 2018 | Aceptado: mayo 13 de 2018

STEFAN ZIEMENDORFF\*<sup>1</sup>  
OSCAR PERFECTO RODRÍGUEZ<sup>1</sup>  
SAIN MESTANZA BALAREZZO<sup>1</sup>  
CANDELARIO CHUQUIZUTA LLANOS<sup>1</sup>

### RESUMEN

Uno de los principales problemas que enfrentan las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) tanto en el Perú como en otros países es el hurto de agua potable. Una de sus formas más comunes ocurre después del corte por falta de pago, cuando sus usuarios rehabilitan ilegalmente este servicio. Para prevenir la recurrencia de esta mala práctica se realizó una investigación comparativa entre las diferentes técnicas de corte del servicio de agua potable (CSAP), llegando a conclusiones que permitieron seleccionar la técnica más conveniente acorde con las diversas condiciones locales de las EPS. El presente trabajo se basa en la presentación de resultados respecto a cortes drásticos, los cuales se aplican cuando el corte simple fue previamente abierto de forma ilícita.

**Palabras clave:** Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, agua potable, técnicas de corte drástico, consumo no autorizado

### ABSTRACT

One of the main problems that the Sanitation Services Providers (EPS) face both in Peru and in other countries is the theft of drinking water. One of its most common forms occurs after the suspension of the service due to lack of payment, when its users illegally rehabilitate this service. To prevent the recurrence of this malpractice, a comparative research was carried out between the different service suspension techniques of the drinking water service (CSAP), reaching conclusions that allowed selecting the most convenient technique according to the various local conditions of the EPS. The present work is based on the presentation of results regarding drastic cuts, which are applied when the simple service suspension was previously illegally opened.

**Key words:** Sanitation Provider Enterprises, potable water, drastic cut-off techniques, unauthorized consumption

<sup>1</sup>\* Autor corresponsal  
sziemendorff@gmail.com

## Introducción

En el artículo presentado por Ziemendorff et al. 2016, se resalta la importancia de contar con técnicas de corte del servicio de agua entre las diferentes estrategias (Alva et al., 2006 b) para combatir la falta o el retraso en el pago de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario. Para ello fueron analizados y comparados ocho diferentes técnicas de corte simple, que son realizados dentro de la caja de registro (caja portamedidor), sin daños a la infraestructura e identificar finalmente las técnicas eficaces y eficientes bajo diferentes condiciones locales.

Sin embargo, siempre hay una fracción de usuarios con cortes realizados mediante estas técnicas de corte simple, que reaperturan el servicio de agua de forma ilegal. Si bien la magnitud de esta actitud negativa varía muchísimo acorde con la localidad, suelen existir por lo menos algunos casos en las cuales se requiere la aplicación de técnicas de cortes drásticos, los que se distinguen de los cortes simples por los siguientes factores:

- Implican un esfuerzo mucho mayor para reabrir el servicio.
- Involucran la rotura de la infraestructura sanitaria (tubería, codos etc.) o de la infraestructura urbana (pistas, veredas).
- No se realizan necesariamente dentro de la caja del medidor.
- Implica un mayor esfuerzo y costo para la reposición sea por el usuario o el prestador de servicios.

El presente artículo expone los resultados de la investigación acerca de las técnicas de cortes drásticos, comparándolas entre ellas para poder llegar a conclusiones que permi-

tan a las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) optar, bajo sus condiciones locales, por la mejor técnica.

Cabe resaltar que el presente artículo pertenece a una serie de artículos destinados a investigaciones que ayuden a disminuir el consumo no autorizado (Ziemendorff, 2015; Ziemendorff et al., 2015; Ziemendorff et al., 2016), siendo uno de los componentes principales el Agua No Facturada (ANF).

## Materiales y métodos

### Cortes drásticos analizados

Fueron analizadas cinco técnicas de corte drástico que se presentan a continuación:

1. **Corte con retiro de una porción de tubería:** este tipo de cortes (o cierres) drásticos implica el retiro de una porción de la tubería que llega a la caja del medidor desde la red matriz (muchas EPS optan por medio metro) y el uso adicional de algún elemento de obturación. Para poder retirar esta porción de tubería, en muchos casos, es necesario romper la vereda o la pista (Figura 1). Posterior a la rotura y excavación has-



Figura 1. Rotura de la vereda delante de la caja para poder retirar una porción de la tubería (Foto: autores).

ta el tubo de agua, se corta el tubo e introduce un elemento obstaculizador (un tarugo); acto seguido se vuelve a cubrir la excavación. Este tipo de cortes es aquel al que se refiere también el reglamento de calidad de servicios (SUNASS, 2007) y sus modificatorias (SUNASS, 2016), aunque estos últimos ya incluyen otras posibilidades.

En caso de que el corte resulte efectivo, expresado en el pago de los servicios por parte del usuario, el servicio será rehabilitado; en caso inverso, es decir, romper nuevamente la pista o la vereda, excavar hasta el tubo, sacar el elemento obturador y luego reponer la tubería hasta la caja de registro.

**2. Corte con waype y pegamento tras caja:** esta técnica de corte consiste, primero, en cortar el tubo de agua potable dentro de la caja de registro, próxima al lugar de entrada, y se procede a obturar el paso del agua introduciendo a cierta distancia, waype, previamente mezclado con pegamento de tubería de PVC como se muestra en la Figura 2.



*Figura 2.* Introducción de la mezcla de waype y pegamento en la tubería desde la caja hacia la red matriz de agua potable (Fotos: autores).

Es importante que esta mezcla se introduzca a una distancia de la caja de

registro la cual seca de inmediato, impidiendo ser retirada posteriormente desde la misma caja por el usuario. La rehabilitación del servicio se realiza rompiendo la pista o la vereda, excavando hasta el tubo, sacando la parte obturada y luego reponiendo la tubería hasta la caja de registro. Posteriormente, se vuelve a sellar la excavación reponiéndose el asfalto o concreto de la pista o vereda. Esta técnica es de uso en varias EPS del país desde hace muchos años, muchas veces informal, y usar, a veces, en vez del waype, trapos o bolsas plásticas.

**3. Corte intrusivo con llave rígida tras caja:** para aplicar esta técnica de corte, al igual que en el caso anterior, se corta el tubo de agua potable dentro de la caja de registro cerca del lugar de entrada en la misma caja. Posteriormente, se introduce un tapón que se fija mediante una rosca en una llave rígida (Figura 3).



*Figura 3.* Llave rígida con tapón intrusivo para el corte drástico del agua potable (Foto: autores).

Con esta llave se introduce el tapón a una distancia de 20 centímetros, aproximadamente. Luego, con la misma llave se infla el tapón al presionar su jebe contra una tuerca, enrosándolo. Posteriormente, la llave se desenrosca del tapón y se retira. Posteriormente, la rehabilitación del servicio se realiza de la forma exactamente inversa: se introduce nuevamente la llave, se la enrosca en el tapón, se desinfla el tapón y se procede a retirarlo.

Finalmente, se vuelve a conectar al tubo y los accesorios del medidor de agua, quedando el servicio restablecido.

**4. Corte intrusivo con llave flexible tras caja:** esta técnica es muy parecida a la anterior, la diferencia radica en que la llave es flexible. Ello permite que la distancia de introducción del tapón intrusivo no sea limitada por el tamaño de la caja de registro, la cual en el caso de la llave rígida limita la introducción de llaves más largas. Las llaves flexibles, que puedan ser dobladas, son capaces de introducir el tapón hasta la distancia requerida, se vende llaves hasta de cuatro metros, aunque la mayoría de proveedores las ofrecen para distancias máximas de 120 centímetros (Figura 4).



Figura 4. ❶ Llave flexible de 60 cm ❷ Llave flexible de 120 cm ❸ Tapón intrusivo de 1/2" antes de ser inflado ❹ Tapón intrusivo de 1/2" después de ser inflado (Fotos: Autores).

Como en el anterior caso, el retiro del dispositivo para la reapertura del servicio se realiza de forma semejante. Ambas técnicas, la de llave rígida y llave flexible, son de amplio uso desde hace más de 20 años en Colombia y se usa actualmente a nivel de toda América Latina.

**5. Corte con dispositivo tipo "Condón"<sup>1</sup>:** esta técnica de corte fue desarrollada en el transcurso de la investigación, en gran parte, motivada por las restricciones en la aplicación de las otras técnicas, las cuales se expondrán más adelante. Consiste en un dispositivo de fierro con cinco puntales, el que es colocado en la "ratonera" de tal forma que no permita el acceso al tubo, previamente cortado y taponeado con un tarugo simple de plástico, madera o jebe cerca de la "ratonera". Luego se asegura el dispositivo, tapando toda la pared lateral de la caja de registro con una mezcla llamada "diablo fuerte", que se seca rápido y consiste en tres partes iguales de cemento, yeso y arena (Figura 5).

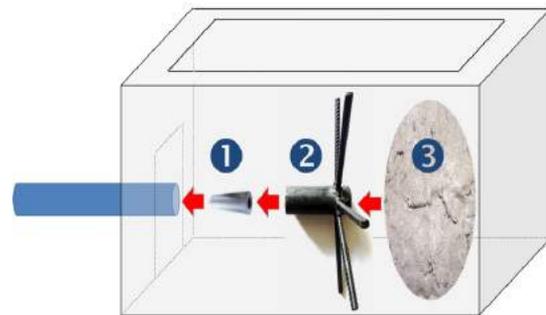


Figura 5. Esquema del uso del dispositivo de corte tipo "Condón" en una caja de registro de agua potable: ❶ Introducción del tarugo, ❷ Colocación del "Condón", ❸ Colocación del "diablo fuerte" (Elaboración propia).

La diferencia con otras técnicas es que el corte se realiza dentro de los límites de la caja de registro. Para la reapertura del servicio es necesario romper la mezcla denominada "diablo fuerte" con un cincel y una comba, retirando el dispositivo de fierro con cinco puntales (que es reutilizable); luego retirar el tarugo, reponer los accesorios del medidor, y restablecer el servicio

1 El nombre original del dispositivo "Condón de la Casharaca" proviene de un personaje mítico del departamento de Amazonas, en honor a que su primera versión fue inventada en Chachapoyas en la EPS EMUSAP AMAZONAS S.R.L.

de agua. Cabe indicar que la colocación de este dispositivo asegura un mejor corte que simplemente colocando mezcla de “diablo fuerte” en la “ratonera”; puesto que en este último caso, el usuario que desea reponerse el servicio ilegalmente solo necesitaría romper la mezcla en la ubicación específica del tubo sin protección. Debido a que este dispositivo es novedoso, en Anexo del presente trabajo se expone su diseño exacto.

### Corte drástico no analizado

Hubo una técnica de corte que estaba en uso hace unos 25 o 30 años en el Perú,

la que ya no pudo ser aplicada en el marco de la presente investigación debido a que requiere una infraestructura adecuada para ello. Se trata de la técnica de **corte en la manija de la válvula corporation (VC)**. Esta consistía en cortar el servicio de agua directamente en la manija de la CV, en donde existía un tubo colocado verticalmente desde la CV hasta la superficie que facilitaba la introducción de una llave especial para abrir y/o cerrar. El tubo que permitía el acceso, en la calle, era comúnmente cubierto con una tapa de bronce (Figura 6).

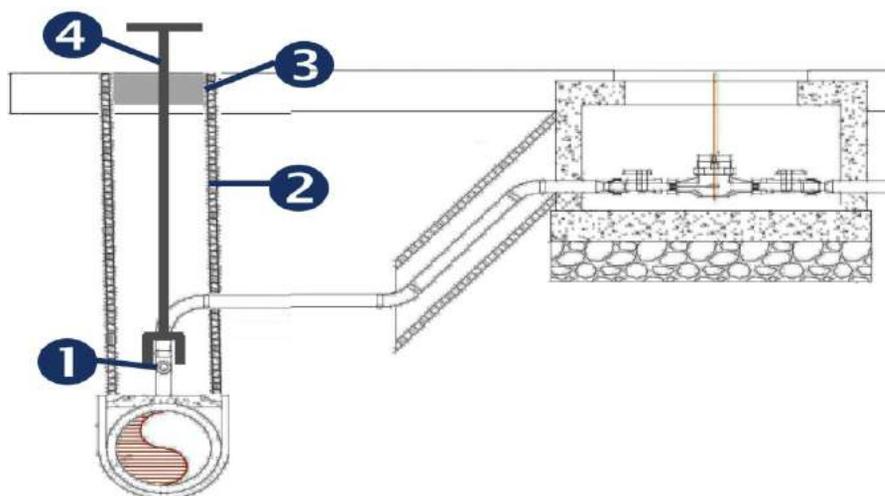


Figura 6. Esquema del aplicación del corte en la llave corporation: ❶ Llave en la válvula corporation, ❷ Tubo de 2” o 4” desde la superficie hasta la llave de la válvula corporation, ❸ Tapa de bronce ❹ Llave especial para la abrir y cerrar la llave en la válvula corporation (Elaboración propia a base de un dibujo técnico, cortesía de John Montero).

A través de entrevistas con personal de campo antiguo de Ayacucho y Tarapoto se pudo recopilar las experiencias con este método. Según nos afirmaron, el método, si bien resultaba bastante efectivo, conllevaba una serie de problemas. Los principales eran que las llaves corporation, por ser de bronce, tenían la tendencia de romperse con el abrir y cerrar desde la superficie, y causar frecuentemente fugas y

la necesidad de realizar excavaciones hasta la misma tubería matriz para realizar reparaciones. Otra experiencia era que el tubo de acceso se llenaba con cierta frecuencia de lodo, problema que se solucionó con unas herramientas especiales en forma de cucharas, limpiando el acceso hasta la válvula corporation. Si bien el corte era muy pocas veces reaperturado en forma ilegal, se observó que algunos

usuarios lograron evitar el corte en la llave corporation al colocar concreto en el tubo de acceso. El hecho es que las llaves corporation hoy en día son casi en su totalidad fabricadas de material plástico, lo cual podría hacer pensar que valdría la pena adecuar nuevamente la infraestructura para poder realizar dicho corte.

Sin embargo, hay cuatro razones fuertes que hacen parecer esta alternativa como inviable. 1) las llaves de las válvulas corporation ya instaladas en pocos casos están alineadas de tal forma a las que se pueden ser acceder por un tubo desde la superficie, sino, en su mayoría, están inclinadas hacia un costado, lo cual requeriría volver a instalarlas nuevamente con los peligros de fugas y costos adicionales que ello implica. 2) los catastros técnicos, en el Perú, no son hechos con mucha precisión, lo cual implica que para acceder a las válvulas corporation es necesario realizar excavaciones relativamente grandes, con las roturas y reposiciones de pistas pavimentadas que conlleva, hasta poder acceder a la corporation. 3) En pocas EPS, los cortes drásticos se aplican a más del 1% al 2 % de los usuarios, lo cual hace muy ineficiente preparar el 100% de las conexiones en forma preventiva. 4) Hoy en día, existen otras técnicas de cortes drásticos, que no requieren de grandes inversiones.

### **Objetivos de la investigación**

El objetivo principal de este trabajo fue investigar qué técnicas de corte drástico analizadas son las más adecuadas, acorde a las diferentes circunstancias que se pueden presentar en diversas localidades. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

1. Conocer la facilidad de aplicación de cada técnica de corte y de su respectiva reapertura del servicio.
2. Saber las limitaciones de aplicación de cada técnica de corte.
3. Entender la efectividad de cada corte – la seguridad contra la reapertura ilegal.
4. Manejar costos y necesidad de herramientas adicionales para cada técnica de corte.
5. Comprender los efectos colaterales que pueda conllevar cada técnica de corte.
6. Dominar las posibilidades de combinar varias técnicas de corte drástico.

### **Método de la investigación**

En pro de obtener la data necesaria para poder cumplir con los objetivos de la investigación, se procedió con las siguientes actividades:

1. Se realizaron algunos ensayos específicos para obtener data acorde con la técnica de corte. Así se efectuaron los siguientes ensayos:
  - a. Someter los dispositivos de corte utilizados en diferentes presiones de agua para conocer si pueden soportar dichas presiones.
  - b. Someter a prueba de rotura diferentes mezclas de yeso, cemento y arena para averiguar cuál es la más conveniente para ser aplicada junto con el dispositivo tipo “Condón”.
  - c. Someter a prueba la flexibilidad de la llave de corte intrusivo flexible para conocer sus límites de aplicación.
2. Se procedió a entrevistar a los técnicos de corte que ya habían aplicado

con anterioridad alguna de las cinco técnicas de corte investigadas en varias EPS.

3. Se procedió a ejecutar cortes drásticos y sus respectivas reaperturas en campo. Ello se realizó en el marco del “Proyecto Piloto de cortes simples y drásticos” realizado en Tarapoto con apoyo del personal de la EPS EMAPA SAN MARTÍN S.A.

### Resultados

A continuación, se presentan los resultados acorde con los objetivos específicos de la investigación.

Facilidad de corte y reapertura del servicio de cada técnica de corte

El corte drástico que presentó la mayor dificultad en ser aplicado es el corte con retiro de una porción de tubería, debido a que para poder aplicarlo es necesario previamente romper el punto (pista o vereda) donde se corta el tubo, y es obligatorio volver a sellar este mismo punto. En segundo lugar, se encuentra el corte con el dispositivo tipo “Condón”. Los cortes de menor dificultad en ser aplicados son el corte con waype y pegamento y ambos cortes intrusivos (sea con llave rígida o flexible).

Para reabrir el servicio por parte de los técnicos de corte, en caso de que el usuario ya haya regularizado su deuda con la entidad prestadora, el resultado fue bastante diferente.

En este caso, tanto el corte con retiro de una porción de tubería y el corte con waype y pegamento requieren que

se rompa pista o vereda en el punto del corte y posteriormente, se reponga con el mismo material la parte destruida (cemento o asfalto). Ello convierte a la primera técnica en aquella de mayor dificultad sumada entre corte y reapertura; y la segunda técnica, la que le sigue en orden de dificultad.

Para el caso del corte con dispositivo tipo “Condón” es de dificultad intermedia, puesto que para retirarlo en una reapertura del servicio, es necesario que el técnico de corte quiebre y retire con martillo y cincel la mezcla, lo cual; sin embargo, no le implica tanto tiempo, como romper y reponer pistas o veredas.

En el caso de los cortes intrusivos con llave rígida o flexible se presentó un hallazgo muy importante para la presente investigación. Ambas formas permiten en teoría una reapertura bastante sencilla, que consiste en retirar el tapón expandible con la misma llave. Sin embargo, en condiciones reales de campo se ha presentado una dificultad: por diversas razones la caja de registro se llena de agua. En el mismo corte se presenta debido a que, desde el momento que se corta el tubo en el punto donde se introduce la llave hasta el momento en que el tapón que se introdujo esta completamente expandido, sale el agua de la red matriz e ingresa a la caja. De igual forma, ingresa agua pluvial. En el interior de la caja, suele presentarse lodo o arena, el cual fue demostrado en esta investigación en la ciudad de Tarapoto donde se presentó el 100% de los casos. Este ingresa luego al tubo cortado, teniendo como efecto que en la rosca del tapón inflable haya siempre algún residuo de este material (Figura 7).



Figura 7. Presencia de agua en las cajas del medidor, sea por la realización del mismo corte o por lluvias. Izquierda: Corte con llave rígida; Derecha: Corte con llave flexible (Fotos: autores).

Ello dificulta excesivamente el retiro posterior del tapón inflable, al no dejar enganchar bien la llave. De presentarse impedimento al retirar el tapón, es necesario realizarlo accediendo al tubo cortado por el área de la pista o vereda, requiriendo que esta sea igualmente afectada y posteriormente, repuesta. Se ha podido

comprobar que este problema es muchísimo menor con la llave rígida, la cual permite enganchar y enroscar el tapón inflable con mucha mayor precisión que la llave flexible, debido a que su maleabilidad se hace fácilmente manipulable dentro del tubo.

La mayor precisión de la llave rígida permite retirar con un par de movimientos la presencia de granos de arena o barro en el tapón, de tal forma que en poco tiempo puede ser retirada. Es por ello que, por lo menos en condiciones que la caja de registro del agua no esté completamente limpia, los resultados de la evaluación son aquellos que se presentan en la Tabla 1, siendo el corte de mayor facilidad de uso, el corte intrusivo con llave rígida.

Tabla 1

Resultados respecto a la facilidad de aplicación y de reapertura para cada técnica de corte en zonas con pistas y veredas. Los campos en verde presentan aquellos donde hubo cierta facilidad de aplicación y reapertura, rojo representa los casos de mucha dificultad y amarillo una facilidad/dificultad intermedia.

Técnica de corte	Foto	Hay pista y vereda		
		Facilidad de corte	Facilidad de reapertura	Orden de facilidad total (corte y reapertura)
Retiro de una porción de tubería		Muy difícil, por tener que romper y reponer vereda o pista	Muy difícil, por tener que romper y reponer vereda o pista	5to
Con waype y pegamento		Facil, solo se corta el tubo y se introduce la mezcla	Muy difícil, por tener que romper y reponer vereda o pista	4to
Tapón intrusivo con llave rígida		Facil, solo se corta el tubo, se introduce la llave con el tapón, se expande el tapón	Facil, solo se introduce la llave, engancha y desinfla el tapón y se retira la llave	1ero
Tapón intrusivo con llave flexible		Facil, solo se corta el tubo, se introduce la llave con el tapón, se expande el tapón	En teoría como con la llave rígida, en la práctica muchas veces no se puede retirar el tapón y se tiene que romper y reponer la pista.	3ero
Con dispositivo tipo "Condón"		Un poco menos facil, se corta el tubo, coloca el dispositivo, posteriormente se tiene que preparar y colocar el "diablo fuerte".	Difícil, por tener que romper toda la capa de "diablo fuerte" antes de poder retirar el dispositivo.	2ndo

Cabe indicar que los resultados para el caso de zonas sin pista y vereda varían bastante, porque la dificultad de los cortes y reaperturas que requieren el acceso a la

tubería fuera de caja disminuye considerablemente, al no necesitar romper concreto o pavimento. Los resultados para estas zonas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

*Resultados respecto a la facilidad de aplicación y de reapertura para cada técnica de corte drástico en zonas sin presencia de pistas y/o veredas.*

Técnica de corte	Foto	Hay vereda / no hay pista o faltan ambos		
		Facilidad de corte	Facilidad de reapertura	Puesto facilidad total (corte y reapertura)
Retiro de una porción de tubería		Medianamente fácil, se tiene que cavar hasta el tubo, cortar y retirarlo y luego llenar el hueco dejado.	Medianamente fácil, se tiene que cavar hasta el tubo, reponerlo y luego llenar el hueco dejado.	4to
Con waype y pegamento		Fácil, solo se corta el tubo y se introduce la mezcla.	Medianamente fácil, se tiene que cavar hasta el tubo, reponerlo y luego llenar el hueco dejado.	3ero
Tapón intrusivo con llave rígida		Fácil, solo se corta el tubo, se introduce la llave con el tapón, se expande el tapón.	Fácil, solo se introduce la llave, engancha y desinfla el tapón y se retira la llave	1ero
Tapón intrusivo con llave flexible		Fácil, solo se corta el tubo, se introduce la llave con el tapón, se expande el tapón.	En teoría como con la llave rígida, pero muchas veces no se puede retirar el tapón, se tiene que cavar hasta el tubo para retirarlo con el tapón y reemplazarlo con uno nuevo.	2ndo
Con dispositivo tipo "Condón"		Un poco menos fácil, se corta el tubo, coloca el dispositivo, posteriormente se tiene que preparar y colocar el "diablo fuerte".	Difícil, por tener que romper toda la capa de "diablo fuerte" antes de poder retirar el dispositivo.	5to

### Limitaciones de aplicación de cada técnica de corte drástico

Para averiguar en qué casos las técnicas de corte resultan inaplicables, se entrevistó a los técnicos de corte en varias EPS. Asimismo, se realizó unas pruebas prácticas en campo en Tarapoto. Las limitaciones que se identificaron son las siguientes:

- La presión del agua: es un limitante relevante solamente para el corte con waype y pegamento. Hemos realizado experimentos a diferentes presiones que dieron como resultado que no es recomendable su aplicación en zonas con presiones mayores de 10 mca aprox. (14 psi), lo cual lo hace inaplicable en gran parte del Perú. Por otro lado, nuestros ensayos con tapones expandibles (que se usan en los cortes con llaves rígidas y flexibles) y con tarugos plásticos (que son necesarios para el corte con retiro de una porción de tubería y para el corte con dispositivo tipo "Condón") soportaron presiones de 30 mca (43 psi) sin problemas. Según los proveedores de estos dispositivos, los tarugos pueden soportar más de 100 mca (145 psi) y los tapones expandibles más de 110 mca (160 psi), con lo cual, a diferencia del corte con waype y pegamento, todos los demás cortes son aplicables en casi todas las zonas.
- La presencia de accesorios inmediatamente después de la caja de registro: una limitación que afecta acorde a las circunstancias locales, en mayor o menor grado a las técnicas de corte con tapones expandibles, es la presencia de codos o accesorios de menor diámetro (que la tubería) inmediatamente después de la caja de registro hacia la red matriz, que pueden impedir la introducción de estos dispositivos (Figura 8).



Figura 8. Codos de 90° que impiden la introducción del tapón intrusivo. En ciertos casos, estos accesorios pueden ser desinstalados permitiendo así la introducción del tapón con la llave, en el caso de las fotos solamente de la llave flexible (Fotos: autores).

Cabe indicar que la mezcla de waype y pegamento, por ser más flexible que los tapones intrusivos, podrá ser introducida a mayor profundidad detrás del codo, de tal forma que pueda ser una alternativa aplicable en casos excepcionales.

- El diámetro de la tubería: los tapones intrusivos son hechos para tuberías estandarizadas de  $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{3}{4}$ " o mayor a ellas. Sin embargo, la práctica común de algunas EPS de dar potestad a que el usuario compre sus propios materiales ha implicado que algunas conexiones, especialmente las más antiguas, tengan diámetros interiores que varían ligeramente de las medidas estándares. Estos casos son más frecuentes en aquellas entidades prestadoras que exigen a los usuarios la compra de los materiales (Alva et al., 2006 a) o que regularizan muchas conexiones clandestinas (Cubas et al., 2006), lo cual conlleva siempre a cierta falta de estándares. Ello puede tener como efecto que los tapones intrusivos no encajen con el tubo, o lo que es un poco más común, que aunque estén expandidos al máximo no estén bien fijados en la pared. No se recomienda aplicar los tapones intrusivos para estos casos, ya que puede resultar que

estos sean succionados hacia la tubería matriz en horas de desabastecimiento del servicio, donde podrían causar daños a la infraestructura.

**Tuberías flexibles:** recientemente varias EPS están instalando conexiones flexibles de polietileno de alta densidad (HDPE). La curvatura de estas tuberías evita el **corte intrusivo con llave rígida**.

- La inaccesibilidad de la caja de registro: la caja de registro se encuentra, en algunos casos, dentro del predio del usuario, por tanto, inaccesible. En otros, la tapa de la caja de registro puede no ser abierta por haberse trabado, o solo podría ser abierto por llaves que están en desuso. Para este caso, será necesario destapar la tubería delante de la caja, tal como se realiza en el corte con retiro de una porción de tubería.
- Diferente a este caso, es aquel donde la ubicación de la conexión, incluyendo la caja de registro, no puede ser encontrada por estar totalmente enterrada. Para este caso, antes de ejecutar algún tipo de corte se requiere la localización de la caja, para lo cual se podría aplicar el método acústico (Ziemendorff, 2015).

### **La seguridad contra la reapertura ilegal para cada técnica de corte**

Para comparar la seguridad de las diferentes técnicas de corte drástico contra la reapertura ilegal es necesario recalcar que hay un factor externo que determina, en gran parte, qué tan seguro es cada corte. Este es la posibilidad que tiene el usuario moroso de acceder a su conexión de agua sin necesidad de romper la vereda o la pista, es decir, que por lo menos parte

del trayecto desde la caja de registro hacia su casa pueda ser excavado por él sin necesidad de roturas.

Por ello, dividimos la evaluación de la seguridad que brinda cada tipo de corte contra la reapertura ilegal en dos partes. La primera expone los resultados cuando la conexión está completamente protegida por capas asfálticas, de concreto u otro material, como pistas y veredas. En esta evaluación, los cortes drásticos más seguros son corte con waype y pegamento, y ambos cortes intrusivos (sea con llave rígida o flexible). El último de ellos es aún un tanto más seguro debido a que puede ser introducido a una distancia mayor, contado a partir de la caja de registro, lo cual conlleva a que un usuario que desea reponerse el servicio de manera ilegal tenga la necesidad de romper una fracción mayor de la pista para acceder a la parte cortada (difícilmente podrá averiguar con precisión donde quedó el tapón). A diferencia de estas tres técnicas, el corte con retiro de una porción de tubería brinda una menor seguridad, debido a dos fac-

tores: el primero es que el usuario notará exactamente el lugar de la rotura, debido a la reciente reposición de la capa de concreto o asfalto. El segundo es que el concreto o asfalto fresco demora muchas horas en endurecerse, por lo cual puede ser retirado con facilidad por el usuario. Se ha observado que los usuarios que cometen el acto ilegal de romper pistas o veredas para auto rehabilitarse el servicio de agua, en muchos casos, no se toman la molestia de reponer lo excavado.

Por último, el dispositivo tipo “Condón” brinda una seguridad comparable con el corte con retiro de una porción de tubería, la que podemos calificar de “mediana”, ya que puede ser retirado por el usuario de la misma forma como lo haría el técnico de corte: con un martillo y cincel, aunque sin lugar a dudas, este demoraría más, por desconocer la hechura precisa del dispositivo y tener menos práctica que los técnicos de corte. El resumen de los resultados para la seguridad del corte con presencia de pista y vereda se expone en la Tabla 3.

Tabla 3

*Seguridad contra la reapertura ilegal para cada técnica de corte drástica evaluada, en cuando haya presencia de pistas y veredas. En verde (Puesto Seguridad 1ro y 2do) están aquellos que presentan niveles de seguridad comparativamente alta y en amarillo (Puesto Seguridad 4to) los que presentan una seguridad mediana.*

Técnica de corte	Foto	Hay pista y vereda	
		Forma de reapertura ilegal	Puesto Seguridad
Retiro de una porción de tubería		El usuario rompe la vereda por la parte en que nota que fue cortado y conecta un tubo nuevo hacia su caja	4to
Con waype y pegamento		El usuario rompe la vereda o pista delante su caja para cortar la parte obturada y conecta un tubo nuevo hacia su caja	2do
Tapón intrusivo con llave rígida		El usuario rompe la vereda o pista delante su caja para cortar la parte obturada y conecta un tubo nuevo hacia su caja	2do
Tapón intrusivo con llave flexible		El usuario rompe la pista delante su caja para cortar la parte obturada y conecta un tubo nuevo hacia su caja. Al contrario de los anteriores difícilmente logra averiguar donde se encuentra la parte obturada.	1ero
Con dispositivo tipo "Condón"		El usuario rompe la mezcla de diablo fuerte, saca el dispositivo y el tarugo y repone el servicio dentro de la caja	4to

La segunda parte de la evaluación comprende a zonas donde no existe pista y vereda o solamente existe vereda. La razón por la que estos dos casos se parecen, radica en que el elemento obturador (sea un tarugo, el pegamento con waype o el tapón intrusivo), aún si se encuentra debajo de la vereda, puede ser retirado desde una parte excavada en la calle sacándolo junto con la fracción del tubo en el cual se encuentra. Cuando la parte que contiene el elemento obturador es accesible directamente, puede ser sacado y reemplazado por otro tubo nuevo. Ello afecta a la seguridad de todos los tipos de corte, con excepción del corte con el dis-

positivo tipo “Condón”, cuya seguridad contra violación (mediana) no varía en comparación con zonas con presencia de pistas y veredas, lo cual lo convierte en el corte más seguro en estas condiciones, aunque la seguridad que presenta, cuando es colocado sin otras medidas adicionales, es un tanto insatisfactoria. De los otros cuatro tipos de cortes evaluados, el corte intrusivo con llave flexible es aquel que sigue en seguridad al dispositivo tipo “Condón” porque por lo menos exige al usuario realizar una mayor excavación. Los resultados para la seguridad de cortes drásticos contra la reapertura ilegal se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

*Seguridad contra la reapertura ilegal para cada técnica de corte drástico evaluado, cuando solo existe vereda y sin pista o ausencia de ambos. En amarillo (Puesto Seguridad 1ro y 2do) están aquellos que presentan niveles de seguridad mediana y en rojo (Puesto Seguridad 3ro) aquellos que presentan una seguridad relativamente baja.*

Técnica de corte	Foto	Hay vereda / no hay pista o faltan ambos	
		Forma de reapertura ilegal	Puesto Seguridad
Retiro de una porción de tubería		El usuario excava en la parte no asfaltada, corta el tubo incluyendo el elemento de obturación y lo reemplaza con otro que va hasta la caja de registro.	3ero
Con waype y pegamento		El usuario excava en la parte no asfaltada, corta el tubo incluyendo la parte obturada y lo reemplaza con otro que va hasta la caja de registro.	3ero
Tapón intrusivo con llave rígida		El usuario excava en la parte no asfaltada, corta el tubo incluyendo la parte obturada y lo reemplaza con otro que va hasta la caja de registro.	3ero
Tapón intrusivo con llave flexible		El usuario excava en la parte no asfaltada, corta el tubo incluyendo la parte obturada y lo reemplaza con otro que va hasta la caja de registro. En este caso es necesario que excava a mayor distancia y profundidad.	2ndo
Con dispositivo tipo "Condón"		El usuario rompe la mezcla de diablo fuerte, saca el dispositivo y el tarugo y repone el servicio dentro de la caja.	1ero

Cabe indicar que existen aún más condiciones específicas que pueden incrementar o disminuir la seguridad del corte, por ejemplo, si el terreno es ro-

coso o arenoso, siendo más dificultosa la excavación en el primer caso, lo cual incrementa la seguridad contra la violación.

En caso de existir veredas mas no pistas, depende del recorrido de la conexión dentro de la vereda, si el tubo obturado pueda ser retirado desde la calle y ser reemplazado, o en caso de ser dificultoso por la presencia de algún accesorio dentro de la vereda.

### Costos y necesidad de herramientas adicionales para cada técnica de corte

Los costos de los dispositivos y herramientas necesarios para cada técnica de corte analizada son las que se observan en la Tabla 5.

Tabla 5  
*Resumen de costos de herramientas, materiales y dispositivos para cada técnica de corte drástico*

Técnica de corte / Foto	Costo del dispositivo de obturación	Reutilizabilidad del dispositivo	Herramientas necesarias	Costo de las herramientas (incl. IGV) S/.	Otros costos	Puesto costo (corte más reapertura)
Retiro de una porción de tubería 	S/. 1	Reutilizable	Si se hace correctamente se requiere una cortadora de pavimento, tanto para el corte como para la reapertura	S/. 5,000 como mínimo	Costo de la rotura y reposición de la vereda (2 veces - en el corte y en la reapertura)	5to
Con waype y pegamento 	S/. 1	No reutilizable	Se requiere una herramienta sencilla que permite empujar el waype c/ pegamento al tubo. Además una cortadora de pavimento para la reapertura.	Menos de S/. 10. para herramienta de empuje / S/. 5,000 como mínimo para cortadora de pavimento.	Costo de la rotura y reposición de la vereda (solo en la reapertura)	4to
Tapón intrusivo con llave rígida 	S/. 20 a 30 (1/2"). En otros países de la región esta de S/. 10 a 15.	Reutilizable unos 5 veces.	Se requiere una llave rígida. Es la misma para corte y reapertura.	Su costo actual en el Perú es de S/. 1,000 aprox. En otros países de la región esta debajo de S/. 150.	Sin otros costos	2ndo
Tapón intrusivo con llave flexible 	S/. 20 a 30 (1/2"). En otros países de la región esta de S/. 10 a 15.	Reutilizable unos 5 veces.	Se requiere una llave flexible. Es la misma para corte y reapertura.	Su costo actual en el Perú es de S/. 1,000 aprox. (120 cm). En otros países de la región esta debajo de S/. 300.	Sin otros costos	2ndo
Con dispositivo tipo "Condón" 	S/. 10 (Condón) + S/.1 (tarugo)	Reutilizable por lo menos unos 10 veces.	Para el corte se recomienda adicionalmente un cortatubos. Para la reapertura martillo y cincel.	El costo de cincel y martillo es de S/. 50 aprox. En muchos casos los técnicos de corte ya cuentan con estas herramientas.	Costo del "diablo fuerte" (S/. 2 por corte)	1ero

Como se observa, el corte de menor costo es aquel que se realiza con el dispositivo tipo "Condón", seguido por cortes con tapones intrusivos, mientras los restantes, por requerir el rompimiento y la reposición de la vereda tienen un costo mayor. Por lo menos en los casos que haya presencia de vereda; de lo contrario, su costo se limita prácticamente a la excavación, aunque como hemos visto, en estos casos también baja su efectividad considerablemente.

### Efectos colaterales de los cortes

Como se estudió, el corte con retiro de una porción de tubería, cuando se realiza en zonas que presentan pistas y veredas (cuando resulta por lo menos algo efectivo), requiere que se rompa y reponga dos

veces la capa de la vereda o pista. Ello en la mayoría de los casos no solamente conlleva un alto costo, sino también daños a esta infraestructura urbana. Ello es, especialmente, relevante cuando se trata de veredas de material que no sea concreto, pintadas, ornamentales, etc., lo cual no permite su reposición adecuada por parte de las EPS. Lo mismo es válido para el corte con waype y pegamento, aunque en menor grado debido a que solo requiere la rotura y reposición de pistas/veredas momento de reabrir el servicio.

### Posibilidades de combinar varias técnicas de corte drástico

Para incrementar la seguridad de los cortes contra la reapertura ilegal es posible combinar algunas de las técnicas de

corte aquí presentadas. Para ello hay que considerar que existe la posibilidad de cortar el servicio en dos direcciones: hacia la red y hacia el predio del usuario. En caso de aplicar solo un corte, este debe ser siempre hacia la matriz, debido a que el agua, una vez que llegue hasta la caja de registro puede ser sacada de allí con una manguera hasta el predio, lo cual, si bien significa una molestia al usuario, no es tan grave si se compara con la molestia de no tener ningún acceso al servicio.

Sin embargo, al aplicar un corte en dirección hacia la matriz y otro hacia el predio, sí es posible argumentar que ello incrementará la seguridad del corte. Asimismo, es técnicamente posible combinar varias técnicas de corte hacia la matriz, por ejemplo se puede asegurar un corte intrusivo, adicionalmente, con el dispositivo tipo "Condón".

Para averiguar cuáles de las cinco técnicas de corte analizadas pueden ser combinadas, (combinación de dos cortes) se

procedió de la siguiente manera:

1. Se descartó aquellas técnicas de corte que a lo largo de la presente investigación resultaron de aplicación dificultosa, costosa, poco segura o con efectos colaterales dañinos. Estos son, en primer lugar, el corte con retiro de una porción de tubería, y en segundo lugar, el corte con waype y pegamento.
2. Para el corte intrusivo con llave flexible se decidió que el riesgo de aplicarlo hacia el predio del usuario es demasiado alto, por quedarse dentro del predio lo cual podría conllevar incluso consecuencias de índole legal. Asimismo, no se recomienda su uso en caso de zonas con pistas y veredas, cuando el uso de la llave rígida es el más adecuado.

Considerando estos dos puntos, resultaron tres combinaciones que son aplicables siempre, y dos combinaciones que solo son recomendables en zonas donde no existan pistas y veredas. Estas combinaciones se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6

*En rojo están aquellas combinaciones que no se sugieren aplicar nunca. En amarillo aquellas que solo se recomiendan aplicar en casos precisos (cuando no hay pistas/veredas) y en verde las que pueden ser aplicadas siempre y cuando se considere conveniente.*

Técnica de corte	Foto	Retiro de una porción de tubería	Con waype y pegamento	Tapón intrusivo con llave rígida	Tapón intrusivo con llave flexible	Con dispositivo tipo "Condón"
Retiro de una porción de tubería						
Con waype y pegamento						
Tapón intrusivo con llave rígida					Solo en zonas sin pista / vereda	
Tapón intrusivo con llave flexible						Solo en zonas sin pista / vereda
Con dispositivo tipo "Condón"						

## Discusión

### Consideraciones para mejorar la efectividad de todos los cortes

Independientemente de la técnica de corte a utilizarse, será necesario cortar el tubo de la conexión domiciliar en algún punto. Hemos podido observar que en la mayoría de las EPS realizan este corte con una hoja de sierra, lo cual resulta en un tiempo adicional para cada corte de un minuto aprox., logrando acortar el tiempo requerido a 15 segundos aprox. con el uso de una herramienta especial, un “Cortador de tubos”, cuyo costo se encuentra entre S/. 30 a 50.

### Aplicación de combinaciones de cortes drásticos

Como se observan, existen varias combinaciones de cortes drásticos aplicables. Los casos para los cuales se justifica hacer un mayor gasto y esfuerzo al aplicar más de una técnica de cortes drásticos. Recomendamos dos de ellas:

El primer caso es aquel donde no hay presencia de pistas y veredas, y en donde ninguno de los cortes por si solos haya presentado un nivel de seguridad alto. Ello puede ser remediado con la aplicación de dos o más cortes combinados.

El segundo, es de aquellos usuarios con deudas elevadas, y renuentes al pago, y que se toman la molestia de romper pistas y veredas, donde igualmente amerita un corte drástico combinado.

Para ambos casos, se ofrecen varias posibilidades:

1. Un corte intrusivo combinado con el dispositivo tipo “Condón”: ambas

técnicas son combinables perfectamente y al tener una forma de reapertura ilegal completamente diferente, se aumenta la seguridad entre ambas. En estos casos, es también justificable correr el riesgo de aplicar la llave flexible, porque aún en el caso que no sea posible retirar el tapón intrusivo para la reapertura (legal) con la llave, es posible retirarlo excavando la pista.

2. Dos cortes intrusivos hacia la matriz y hacia el predio: esta combinación tiene sentido cuando el tapón, en el lado del predio, queda debajo de un punto de difícil acceso (de una pared, por ejemplo). Hay que recalcar que hacia el predio no debería usarse jamás la llave flexible por las razones mencionadas anteriormente.
3. Combinaciones de más de dos cortes: es posible aplicar hasta cinco cortes (Figura 9), aunque siempre se recomienda guardar una relación costo-beneficio razonable.

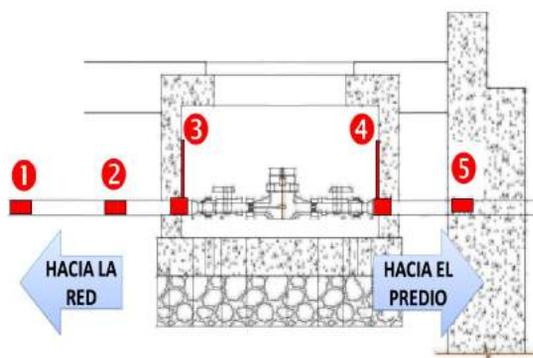


Figura 9. Diferentes puntos de cortes drásticos combinables: ❶ Corte intrusivo con llave flexible hacia la red matriz, ❷ Corte intrusivo con llave rígida hacia la red matriz, ❸ Corte con dispositivo tipo “Condón” hacia la red matriz, ❹ Corte con dispositivo tipo “Condón” hacia el predio del usuario, ❺ Corte intrusivo con llave rígida hacia el predio del usuario (Elaboración propia a base de un dibujo técnico, cortesía de John Montero).

### ***La mezcla del “diablo fuerte”***

La mezcla del “diablo fuerte” para la colocación del “Condón” tiene que cumplir dos funciones a la vez:

1. Presentar secado rápido para evitar que el usuario retire el dispositivo inmediatamente luego de realizarse el corte.
2. Ser lo más resistente posible para obtener una mayor seguridad contra la reapertura ilegal.

Para obtener la mezcla que cumpla razonablemente con los dos objetivos, se instaló cuatro dispositivos con mezclas diferentes: a) 50% yeso / 50% cemento; b) 25% yeso / 75% cemento; c) 33% yeso / 33% cemento / 33% arena; d) 20% yeso / 40 % cemento / 40% arena.

El resultado del ensayo mostró que la mezcla de yeso, cemento y arena en partes iguales (33% de cada una), es aquella que cumple mejor con ambas funciones, secado rápido y presentar la máxima resistencia.

No se recomienda el uso de cemento de fraguado rápido, debido a que presenta una adherencia tan fuerte a la caja de registro que en la rehabilitación podría dañar la caja.

### **Conclusiones**

1. De las cinco técnicas de corte drástico analizadas, hay dos cuya aplicación solo puede ser recomendada en condiciones muy específicas:
  - a. El corte con retiro de una porción de tubería. Debido a ruptura durante el corte y reparación

durante la reapertura en un punto específico. Ello conlleva a que esta técnica se muestre dificultosa y de costosa aplicación. Por otro lado, conlleva con frecuencia a daños en la infraestructura urbana. Adicionalmente es poco segura, debido a que el lugar preciso donde se realiza el corte es fácilmente detectable por el usuario que desea reponer el servicio en forma ilegal, por la presencia de concreto fresco. Contrariamente, en ausencia de veredas o pistas, esta técnica es más fácil y menos costosa, consecuentemente bajo estas condiciones el corte resulta ser aún mucho menos seguro. La única circunstancia particular cuando si es recomendable su aplicación es cuando ningún otro corte drástico pueda ser realizado, y esto ocurre en el caso de la no accesibilidad a la caja de registro por el técnico de cortes.

- b. El corte con waype y pegamento tras caja, debe ser aplicado en caso de la imposibilidad de efectuar uno de los cortes intrusivos, sea por una falta temporal de equipos y/o dispositivos, o por imposibilidad de introducirlos debido a las condiciones de los accesorios tras caja. Aun en estos casos, no se debería aplicar este tipo de cortes en zonas en las cuales la presión supera los 10 mca (14 psi). La razón por la que su uso se debería restringir a casos muy aislados.
2. De las cinco técnicas de corte drástico analizadas, existe una aplicación la cual debe ser limitada a ciertas condiciones; sin embargo, es mucho más

frecuente que los dos cortes analizados anteriormente. Esta es la técnica de corte intrusivo con llave flexible, y se explica por la frecuencia de ocurrencias de no poder retirar con la llave flexible el tapón intrusivo, lo cual conlleva a la necesidad de cavar hasta el mismo tubo para retirar la parte donde se encuentra el tapón. No se recomienda su aplicación en los casos siguientes:

- Para cortes hacia el predio del usuario
- En zonas con presencia de pistas y veredas

Su aplicación se recomienda en cortes hacia la red en zonas sin pistas, donde presenta un nivel intermedio de seguridad contra la reapertura ilegal, además de presentar una buena facilidad de aplicación del corte y un costo razonable. Asimismo, puede ser de uso en conexiones hechas de materiales flexibles (HDPE), debido a que, al contrario de las llaves rígidas, puede pasar por curvaturas. En ciertos casos esta técnica resulta inaplicable, específicamente cuando no se puede introducir el tapón con la llave, debido a accesorios (como codos) que no lo permitan o la tubería no sea de un diámetro estandarizado.

3. De las cinco técnicas de corte drástico analizadas, aquella que presenta el mejor desempeño del conjunto de factores (facilidad de uso, seguridad, costo) en zonas con presencia de pistas y veredas es el corte intrusivo con llave rígida. Sin embargo, muestra en ciertos casos bien definidos, las mismas restricciones que el corte intrusivo con la llave flexible. Además recal-

car que no puede ser usada en conexiones hechas de materiales flexibles, como de HDPE.

4. De las cinco técnicas de corte drástico analizadas, existe una que es de amplio uso, aunque bajo condiciones bien definidas. Esta técnica es el corte con el dispositivo tipo “Condón”. Además de ser la técnica de menor costo y de facilidad de uso aceptable, presenta la ventaja de ser de mucha utilidad, en aquellos casos, donde los cortes intrusivos resultan ser inaplicables, porque puede ser colocado aun cuando haya presencia de elementos en la conexión. Del mismo modo, es el dispositivo que resulta de mayor seguridad en zonas que no cuentan con pistas pavimentadas, donde, sin embargo, se recomienda combinarlo con una de las técnicas de corte intrusivo. La única restricción de su aplicación observada es cuando no existe acceso a la caja de registro.

### Recomendaciones

1. Se sugiere el uso del corte intrusivo con llave rígida en zonas con pistas y veredas.
2. Se propone el uso del corte con el dispositivo tipo “Condón” para los casos que es imposible introducir el tapón expandible.
3. En zonas que no estén pavimentadas, se sugiere el uso combinado de un corte intrusivo con el dispositivo tipo “Condón”.
4. Se recomienda que los técnicos de corte, dedicados a cortes drásticos cuenten con la herramienta “Cortador de tubos” para facilitar su trabajo.

5. Se aconseja usar la mezcla de tres partes iguales de yeso, cemento y arena para la instalación del dispositivo tipo “Condón”.
6. En un futuro cercano, indudablemente, se presentarán nuevas técnicas de cortes drásticos. El marco evaluador aquí presentado, será de utilidad para poder analizar bajo qué condiciones precisas estas técnicas nuevas o modificadas son recomendables para ser aplicadas.

### *Agradecimientos*

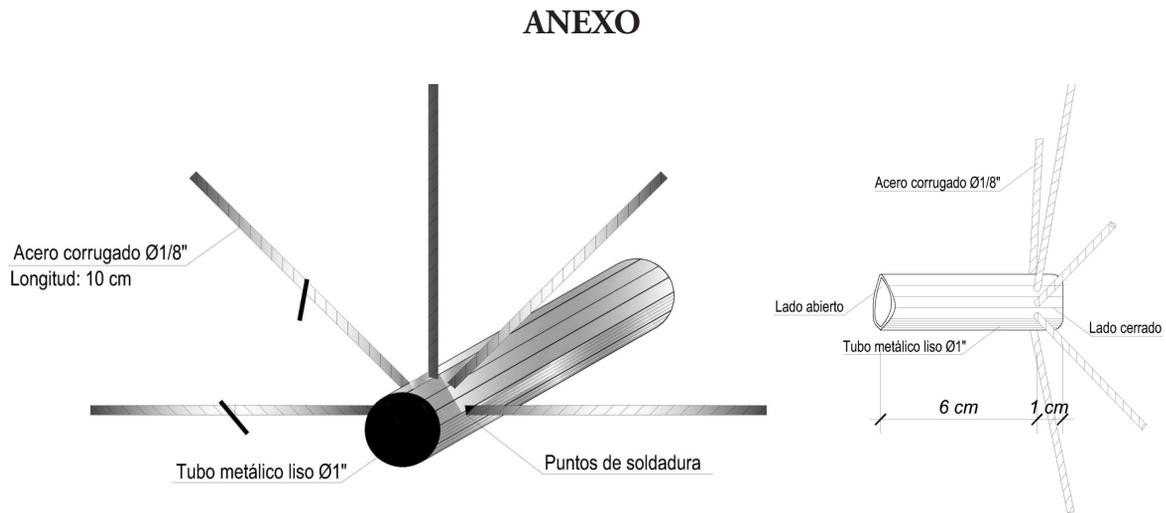
Agradecemos a la Gerente Comercial, Margot Vásquez Panduro; al Lic. Jairo Bartra Rojas, jefe de cobranzas, de EMAPA SAN MARTÍN S.A; a Pedro Herrera Dávila, inspector de catastro y medición; a Gilmer Grandez Armas, asistente de catastro y medición; así como al técnico de corte, Edgard Waldo Delgado Achuy. Igualmente queremos agradecer al Ing. Teony Alva Vives (Especialista Comercial) por sus aportes desde Ayacucho. Al apoyo de la Cooperación Suiza – SECO y la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH a través de PROAGUA II, específicamente a los consultores del equipo de AKUT PARTNER, Ing. Alberto Santaría Soto (Consultor Operacional), Lic. José Giménez Garbarino (Asesor Comercial), Lic. Guillermo del Águila Sánchez (Asesor Comercial), Ing. John Montero Pacchioni (Asesor Técnico de Proyectos), Ing. Julián Gonzales Chinquillo (Coordinador del Equipo Tarapoto – Moyobamba) y finalmente al Ing. Frank Vidalón Ugarte (Asesor Principal Componente 2 y 3) por sus aportes al artículo.

### **Referencias**

- Alva-Vives, T., Puelles-Barturén, J.A. & Ziemendorff, S. (2006). *Serie Gestión Comercial de las EPS. Venta de nuevas conexiones* (Módulo 03). Lima, Perú. Stampa Gráfica S.A.C.
- Cubas-Rojas, J.E., Puelles-Barturén, J.A. & Ziemendorff, S. (2006). *Serie Gestión Comercial de las EPS. Regularización masiva de clandestinos* (Módulo 02). Lima, Perú: Stampa Gráfica S.A.C.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento: SUNASS. (2007). *Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento*. Perú: El Peruano.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Resolución de Consejo Directivo N° 016-2016-SUNASS-CD Modifican los artículos 10, 86, y 95 del Reglamento de Calidad. El Peruano, miércoles 7 de setiembre (2016): 598559 - 598567.
- Ziemendorff, S. (2015). Detección de conexiones clandestinas de agua potable con métodos acústicos – un nuevo método y su aplicación en campo. *Revista INDES*, 3(1), 5-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.25127/indes.20153.130>
- Ziemendorff, S. & Perfecto-Rodríguez, O. (2017). Comparación

de técnicas de corte simple del servicio de agua potable. *CAMPUS*, 22(24), 229-250. DOI: <https://doi.org/10.24265/campus.2017.v22n24.08>

Ziemendorff, S., Vázquez-Velázquez, W. & Ruesta-Córdova, H. (2015). La seguridad de medidores de agua potable contra robo, vandalización y manipulación – problemática, avances y propuesta. *Revista INDES*, 3(2), 5-15.



*Figura 10.* Dibujos isométricos del dispositivo de corte tipo “Condón” (Cortesía John Montero).