

## Conectores eléctricos para recipientes a presión

Henry Waidelich\*, Gastón D. Solonyezny, Guillermo A. Mudry, Gabriel A. Tarnowski

*LABSE, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina*  
e-mail: henrywaidelich@gmail.com, solonyezny@gmail.com, guillermomudry@gmail.com,  
gabriel.tarnowski@gmail.com

---

### Resumen

Este artículo presenta los avances obtenidos en la fabricación y búsqueda de conectores confiables y accesibles para realizar mediciones en condiciones de diferencia de presión. La demanda que motiva esta investigación, tiene por objetivo realizar registros en un recinto con aceite a una presión superior a la atmosférica. Además, tanto el diseño del conector como su adaptación, deben ajustarse a características propias de la instalación y ser compatibles con un plan de contingencia de pérdida de fluido. Los conceptos fabricados y ensayados, consisten en un cilindro en el cual se pasan conductores eléctricos de tipo multifilares y unifilares, y se consigue hermeticidad por medio de resinas que se ubican entre las paredes del conector y los conductores.

*Palabras Clave – Conector eléctrico, Hermético, Presión, Resinas.*

### 1. Introducción

La problemática surge de la necesidad de medir con sensores de deformación (galgas extensiométricas) sobre mecanismos sometidos a carga. Los cuales, se encuentran en un recinto cerrado con aceite a presión superior a la atmosférica y a 60°C. El desafío consiste en comunicar eléctricamente los sensores montados en el interior del recinto y el adquisidor de datos, que se encuentra a presión atmosférica. El sistema no debe filtrar aceite y en caso de falla, se debe ajustar a un plan de contingencia fácilmente aplicable para realizar el sellado de la cámara.

El trabajo que se presenta, describe el proceso del planteamiento de la problemática, las posibles soluciones y el abordaje de las distintas opciones de solución, junto a los resultados obtenidos hasta el momento.

### 2. Desarrollo

Una vez conocida la problemática, se proponen distintas alternativas para solucionarla. La primera de ellas consiste en investigar conectores que se adquieran comercialmente [1]; sin embargo, existen pocas opciones válidas: estos conectores son escasos en el país, poseen un alto costo de adquisición y, además, no cumplen con todos los requisitos técnicos planteados.

Lo que se propone como alternativa, es fabricar prototipos de estos conectores para poder probarlos y obtener de esta manera un conector que supla las necesidades planteadas.

\*Autor en correspondencia.

## 2.1. *Diseño de los conectores*

Entre las restricciones que debe cumplir el producto, se encuentra principalmente el plan de contingencia. Si por algún motivo existe una falla, el sistema planteado debe estar preparado para que la maquinaria pueda seguir su funcionamiento normal en el menor tiempo posible. Este sistema de anulación de la conexión de ambas cámaras, debe ser lo más sencillo posible en orden de poder realizar la acción de anulación de manera rápida, fácil, y segura.

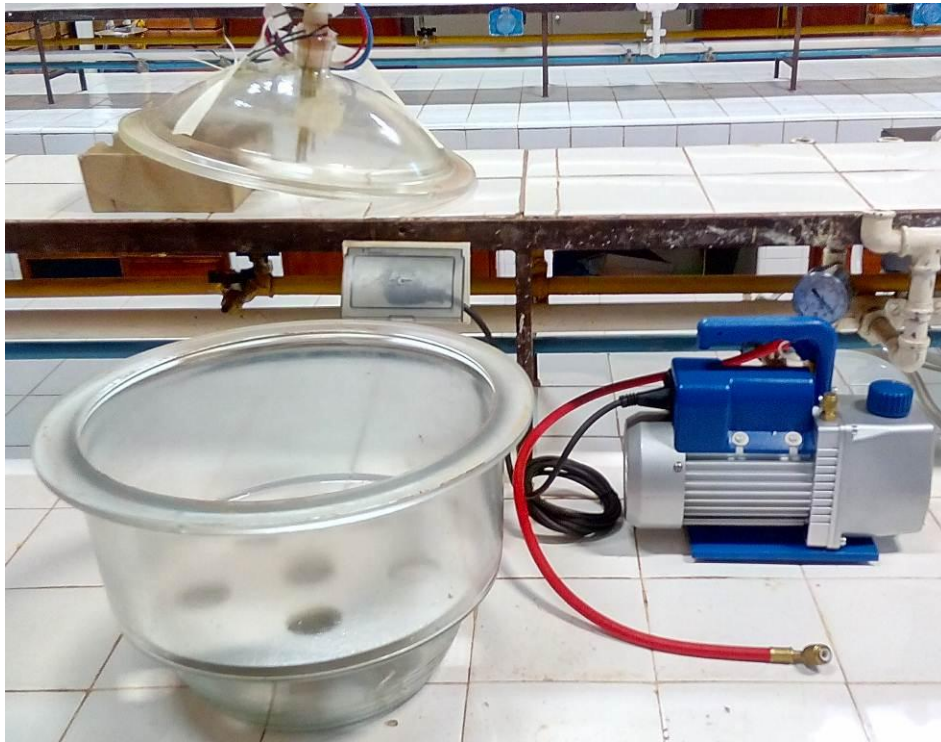
La conexión entre una cámara y la otra es a través de un orificio que traspasa una pared metálica que posee en sus extremos roscas tipo NPT de 1 pulgada. Por lo tanto, la conexión a realizar debía tener necesariamente este tipo de rosca con las dimensiones mencionadas. De manera que, la mitigación de alguna falla inesperada del conector, o la simple anulación de la conexión, se realizaría con una tapa metálica comercial pudiéndose realizar el trabajo en pocos minutos.

El diseño básico que se plantea es de usar una cañería metálica que tenga las dimensiones de 1 pulgada de diámetro con la rosca antes planteada. Dentro de la misma, pasan los conectores eléctricos que por último se rellenan con algún tipo de resina líquida, la cual luego solidifica en la región deseada. Se ensayaron distintas resinas, así como también conductores multifilares (cables de varios conductores) y unifilares (alambres de cobre).

## 2.2. *Metodología de fabricación*

En todos los casos, la fabricación de las probetas consistió en preparar y ubicar los conductores dentro del cuerpo del cilindro, fijarlos, y sellar uno de los extremos para que pueda contener la resina líquida hasta que solidifique. La resina es vertida por el otro extremo del conector.

Una vez que las probetas se encuentran listas, se procede a preparar la resina y rellenar cada una. Luego, se la coloca en una cámara de vacío y se procede a realizar la extracción de aire a todas las probetas por 10 minutos (Fig. 1). Luego se realiza el curado de las resinas según el tiempo requerido para cada una, a temperatura controlada y presión atmosférica.

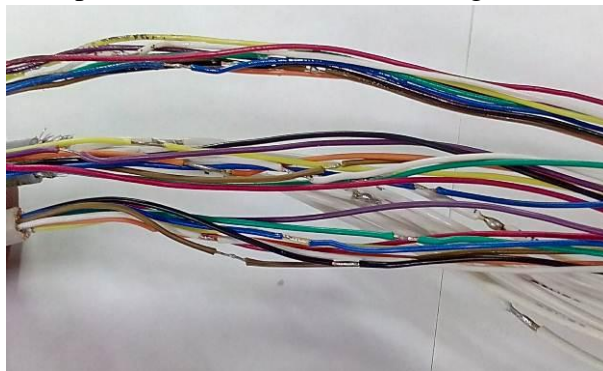


**Fig. 1. Cámara de vacío y bomba para extracción del aire.**

### 2.3. *Preparación de cables multifilamentos*

Los cables que se utilizan en las probetas poseen 7 o 12 conductores cada uno. La técnica que se aplica a estos cables ya fue probada con mediciones que involucran agua a presión, donde se logró la hermeticidad con éxito.

La técnica consiste en abrir los aislantes de los cables sin cortar los conductores, y realizar pequeños puntos de soldadura a cada uno de los conductores multifilamentos para luego, rellenar con alguna resina. Se busca que el líquido avance por cada uno de los conductores hasta llegar al punto de soldadura, que es un sólido, y se encuentra rodeado de material ya solidificado, lo cual impide el paso del fluido. Esta preparación puede observarse en la en la Fig. 2.



**Fig. 2. Procedimiento de soldadura a los conductores multifilamento**

#### 2.4. Preparación del conductor solido de cobre

En este caso, se utiliza como conductor alambres de cobre que se utilizan para bobinar. El tratamiento que reciben estos consiste en quitarles el barniz aislante y al mismo tiempo dejar la superficie más rugosa o marcada; en este caso se realizó esto con una lima para metales tal como se observa en la Fig. 3.



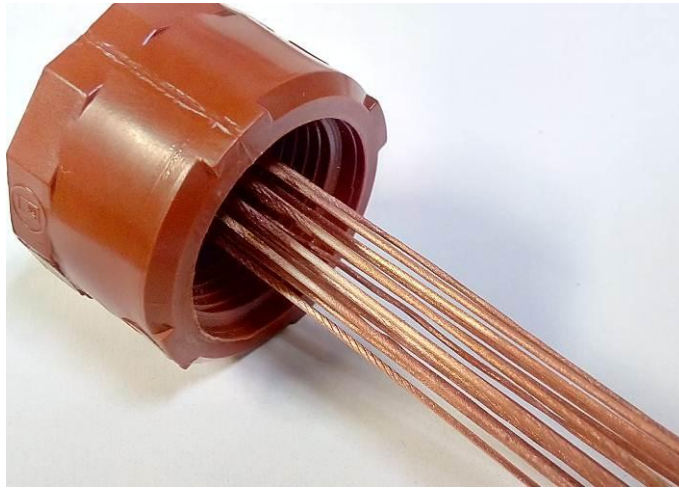
Fig. 3. Proceso de extracción del aislante y marcado de los alambres de cobre

#### 2.5. Armado de las probetas

Las probetas se arman colocando un tapón de PVC que va roscado sobre el tubo en el cual se coloca la resina, el mismo sirve de obturador para que la resina no salga. Para el caso de las probetas con cables, se realizan perforaciones con el diámetro de los cables para poder pasar a través de las tapas de PVC y así cerrar uno de los extremos del tubo, esto se observa en la Fig. 4. En la Fig. 5 se observa la misma situación para el caso con los conductores sólidos.



Fig. 4. Cables colocados en el tapón de PVC, antes de ser montados en el tubo metálico

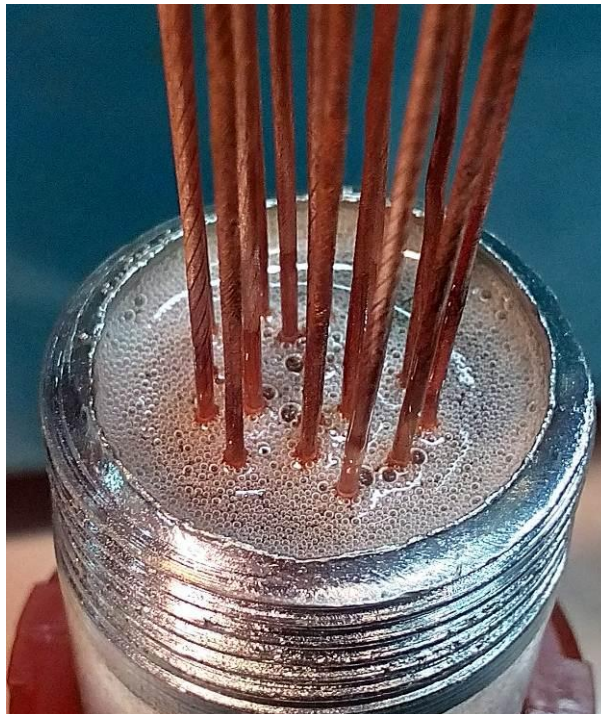


**Fig. 5. Conductores solidos de cobre colocados en el tapón de PVC, antes de ser montados en el tubo metálico**

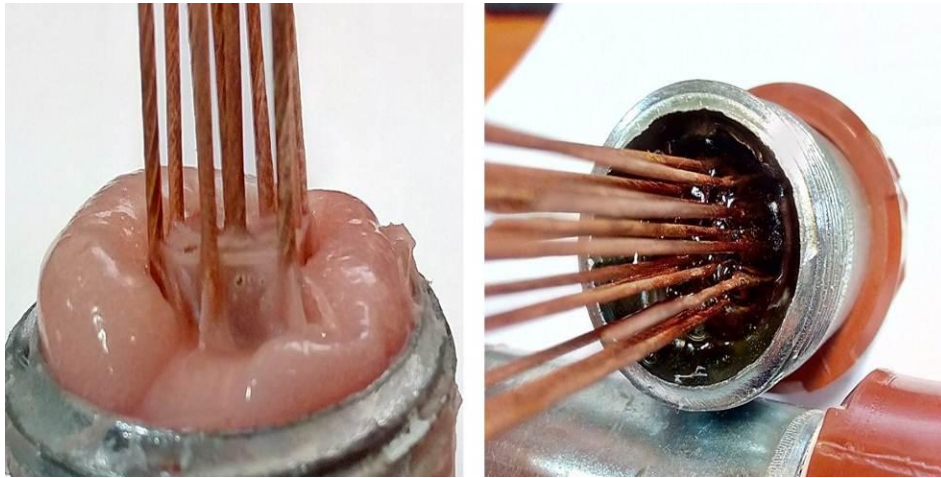
### 2.6. *Vertido de las resinas y realización del vacío*

Las resinas utilizadas para hacer las pruebas, fueron: resinas de poliéster [2][3], resina acrílica de autocurado rápido [4], resina epoxi tipo cristal [5] y resina epoxi Dicure 452 [6].

En la Fig. 6, se observa una de las probetas luego de haberle realizado el vacío y en la Fig. 7 dos probetas ya curadas, listas para ser probadas.



**Fig. 6. Probeta con Dicure 452 luego de realizar el vacío.**



**Fig. 7. Dos probetas luego del curado listas para las pruebas (Izquierda resina acrílica, derecha resina Dicure 452)**

Una vez curadas todas las probetas se procedió a las pruebas hidráulicas antes mencionadas.

### 2.7. Metodología de prueba

El método de prueba consiste en dos etapas. La primera reside en someter a las probetas a la presión de prueba que fue establecida en 20 bar y temperatura ambiente; Si la probeta supera esta fase, pasa a la siguiente que es una prueba de presión más la temperatura de trabajo de 60°C. La máquina para realizar la prueba de presión, es una bomba hidráulica manual para presurizar, marca *ROTHENBERGER* modelo *TP25*, tal como se observa en la Fig. 8.



**Fig. 8. Máquina para realizar la prueba hidráulica de las probetas**

La prueba con temperatura se realiza dentro de un recipiente con agua, la cual se mantiene a 60°C utilizando una resistencia eléctrica en conjunto a un control *on-off*.

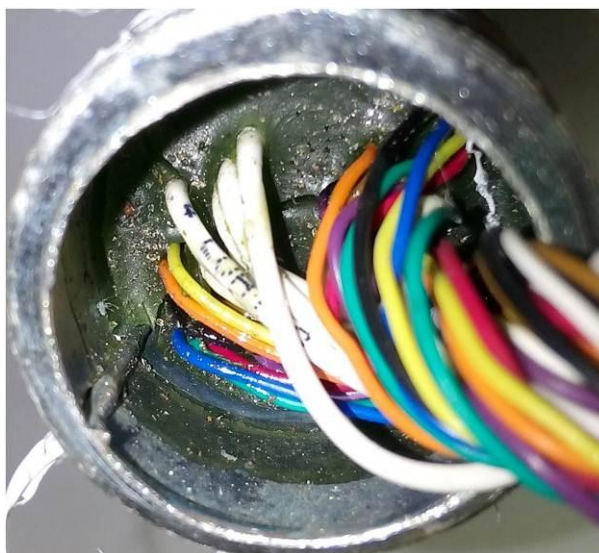
### 3. Resultados

En la Tabla 1, se aprecian los resultados obtenidos de cada una de las pruebas realizadas.

**Tabla 1. Resumen de los resultados obtenidos de las distintas pruebas**

| Prueba                  | Tipo de conector | Presión  | Presión y temperatura de 60°C |
|-------------------------|------------------|----------|-------------------------------|
| Resina poliéster        | Cable móvil      | NO PASA  | -                             |
| Resina epoxi (cristal)  |                  | NO PASA  | -                             |
| Resina acrílica         |                  | NO PASA  | -                             |
| Resina epoxi Dicure 452 |                  | NO PASA  | -                             |
| Resina poliéster        | Cable solido     | NO PASA  | -                             |
| Resina epoxi (cristal)  |                  | NO PASA  | -                             |
| Resina acrílica         |                  | NO PASA- | -                             |
| Resina epoxi Dicure 452 |                  | PASA     | NO PASA                       |

En los conductores multifilares, se observaron fugas de fluido por la sección de los mismos para presiones aproximadamente superiores a 5 bares, lo cual no se observó al utilizar conductores sólidos de cobre. En el caso de la resina de poliéster, se produjo una fisura durante el proceso de curado, dando como resultado un aspecto como el que se observa en la Fig. 9. La resina epoxi cristal y la resina acrílica, presentaron filtraciones entre la resina solidificada y la pared metálica del cilindro para presiones cercanas a los 7 bares.



**Fig. 9. Fisuras después del curado para la resina de poliéster**

Para la resina Dicure 452, la prueba con presión se supera sin problemas. Cuando se realiza la combinación de presión llevado a la temperatura de 60°C, la probeta falla presentando el mismo patrón que las resinas acrílicas y epoxi cristal, es decir entre el centro de resina y la pared metálica del cilindro.

### 3.1. Prueba de mecanizado de las probetas

Las probetas que tuvieron fallas similares, entre la resina y el tubo, se sometieron a una prueba de mecanizado utilizando el torno del taller de prototipos de la facultad de ingeniería. La justificación para realizar esta prueba consiste, en que se puede fabricar un conector que se componga de dos partes. Un centro conformado por la resina más los conductores solidos de cobre y externamente una carcasa metálica que cumpla con los requisitos mencionados en el trabajo. La hermeticidad de ambas partes estaría suplida por un doble sello utilizando juntas tóricas.

En la Fig. 10, se observan las superficies de las resinas luego de ser mecanizadas. Se puede ver que la resina Dicure 452 es mecanizable, ya que mantiene su estructura, a diferencia de la resina acrílica.



Fig. 10. Probetas después de la prueba de mecanizado (izquierda resina acrílica, derecha Dicure 452)

## 4. Conclusiones y discusiones

Las probetas, resultaron en todos los casos con fallas en alguna de las dos etapas de prueba, por lo que no se pudo concretar el paso hermético de los cables de una cámara a otra. Además, se concluye, que el uso de cables multifilamento en conjunto con resina, no resiste las condiciones planteadas en este caso, por lo que queda descartada como opción técnicamente viable. Otro punto para resaltar es que el resto de las probetas tuvieron el mismo mecanismo de falla, siempre entre la resina y la pared del tubo metálico. Esto da como resultado, que el uso de los conductores solidos de cobre, funcionan de manera correcta y se adhieren bien con la resina, resistiendo todas las pruebas realizadas. Las pruebas de mecanizado a las resinas, concluye que se puede realizar la fabricación de una probeta compuesta por un centro de resina Dicure 452 con conductores sólidos y una carcasa metálica,



haciendo un sello hermético entre ambas piezas por medio de una junta tórica. El conector planteado, queda como trabajo pendiente para fabricar y realizar las pruebas pertinentes.

## 5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con la colaboración de los distintos integrantes del laboratorio de simulación numérica y ensayos mecánicos (LABSE), donde se desarrolló la labor descrita en este artículo. A su vez, se agradece el apoyo brindado por: el docente de cátedra Maquinas e Instalaciones Térmicas y miembro del Grupo de Ensayos de Recipientes a Presión, el Ing. David Klimnising; y al Jefe del Taller de Prototipos y Reparaciones de la Facultad de Ingeniería de Oberá, el Sr. Jorge Omar Peluso.

## 6. Referencias

- [1] KEMLON, «Multipin Feedthru Electrical Connectors,» [En línea]. Available: <http://www.kemlon.com/catalogs/multipin/multipin.html>. Consultado en Abril 2019
- [2] ZEOCAR S.A.C.I, «Resina,» Buenos Aires. Consultado en Abril 2019
- [3] ZEOCAR S.A.C.I, «Catalizador,» Buenos Aires. Consultado en Abril 2019
- [4] LABORATORIOS SL S.A, «Subiton,» 2017. [En línea]. Available: <https://subiton.com/producto/subiton/>. [Último acceso: 2019]. Consultado en Abril 2019
- [5] Mundopox, «Resina epoxi cristal,» [En línea]. Available: <https://www.mundopox.com/resina-epoxi-cristal-mundopox-vidrio-liquido-750-gr-995365343xJM>. Consultado en Mayo 2019
- [6] Distraltec, «DICAST 452 / DICURE452,» [En línea]. Available: [www.distraltec.com.ar/download.php?idproduct=234&resinaepoxi=](http://www.distraltec.com.ar/download.php?idproduct=234&resinaepoxi=). Consultado en Mayo 2019