

## Cementado vidrio-metal para soporte de espejos secundarios.

C. Tejada, J. Herrera, J. M. Núñez.

Instituto de Astronomía. Universidad Nacional Autónoma de México.  
Km. 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, B. C., México.

### RESUMEN:

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la comparación de seis diferentes tipos de pegamentos que se usaron para adherir metal y vidrio. Este estudio fue motivado debido a que los espejos secundarios de los telescopios del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir se encuentran sostenidos de una base metálica cementada en el vidrio (parte posterior del espejo). Ha ocurrido eventualmente la falla del cemento de alguno de estos soportes de los secundarios, por lo

que se desea estar preparado para la posibilidad de que esto suceda de nuevo.

El estudio realizado tomó en cuenta factores como el peso del espejo, el área de contacto y los cambios extremos de temperatura (similar a como podría ocurrir en el medio ambiente del observatorio). Todo el estudio e implementación de las pruebas se realizó en el Laboratorio de Instrumentación en Ensenada.

### Contenido

---

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ESCENARIO DE UNA POSIBLE FALLA DEL SISTEMA DE SOPORTE DEL SECUNDARIO F/7.5	4
3. REQUERIMIENTOS DE LAS UNIONES	5
4. SELECCIÓN DE LOS CEMENTOS A PROBAR	5
5. CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE SOPORTE	7
6. PREPARACIÓN DEL EXPERIMENTO	7
7. TRANSCURSO DEL EXPERIMENTO	8
8. OBSERVACIONES SOBRE LAS UNIONES	8
9. CONCLUSIONES	10

## 1. INTRODUCCIÓN

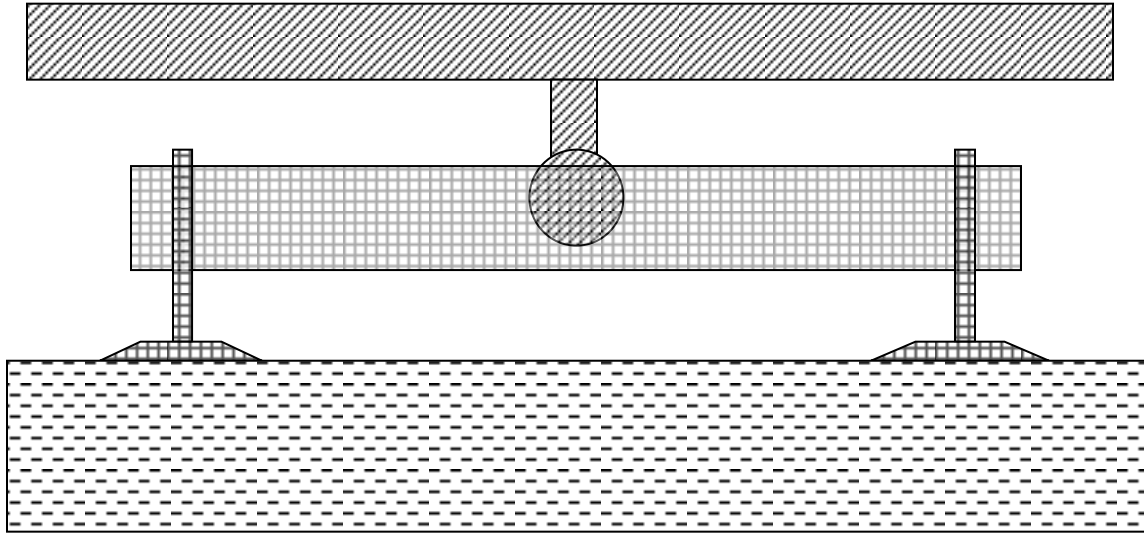
Actualmente, el soporte axial de varios de los espejos secundarios de los telescopios del OAN-SPM se logra mediante uno o más discos metálicos colocados en sus respectivos reversos. Los espejos secundarios de los telescopios SPM84 y SPM150 utilizan un solo disco ubicado en el centro del espejo. De igual manera se fijan los espejos secundarios del telescopio SPM212 en sus configuraciones F/27 y F/13.5.

En el caso de los espejos que tienen un solo disco de soporte se ha utilizado una delgada capa de silicona, tal es el caso del espejo secundario del telescopio SPM150, que lleva más de 7 años con este tipo de fijación.

Como caso particular, en el secundario F/7.5 del telescopio SPM212, el peso se distribuye mediante seis discos metálicos de 50 mm de diámetro, conectados en parejas a tres barras que basculan en su punto de unión con la celda. (Ver *Figuras 1 y 1A*).

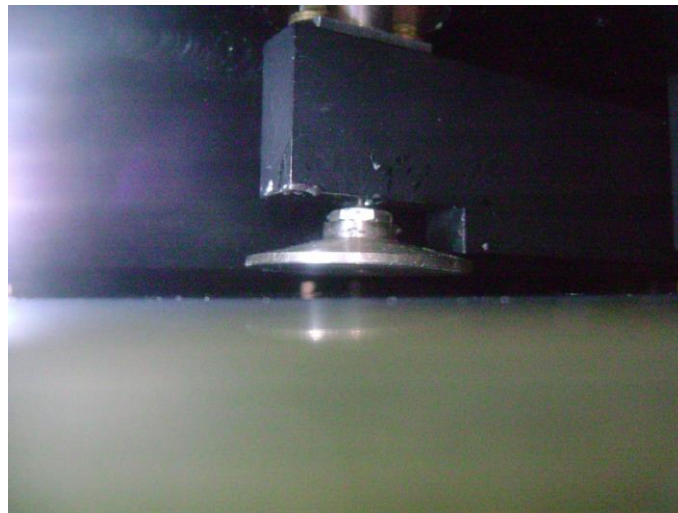


*Figura 1: Vista de la parte trasera del Secundario F/7.5 con los discos metálicos pegados.*



**Figura 1A:** Esquema de una de las tres parejas de soporte del Secundario F/7.5: la celda (líneas inclinadas), la barra basculante y los discos metálicos (cuadrícula) pegados al espejo (punteado).

En años anteriores ha ocurrido el desprendimiento de alguno de los soportes mencionados del secundario F/7.5 del telescopio SPM212 (Ver Figura 2) y se ha recurrido a usar prácticamente cualquier cemento disponible en el observatorio, sin contar en tales momentos con un estudio sobre las propiedades adherentes de las alternativas ofrecidas en el mercado y con la consiguiente zozobra de si dicho cemento fue adecuado o de cuánto tiempo se puede esperar que dure la unión.



**Figura 2:** Vista de uno de los discos metálicos desprendido del espejo.

En tal ocasión no se extrajo el disco para facilitar la limpieza del soporte y del Cervit™ por la dificultad de acceso al mecanismo, sin embargo recientemente se modificó la celda para facilitar la remoción de los discos.

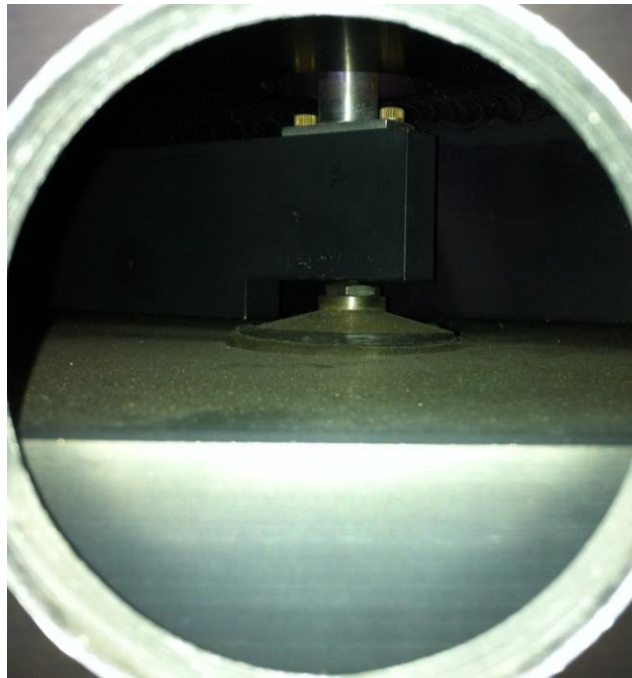
Con este trabajo se pretende hacer una elección de cemento que esté justificada experimentalmente, simulando las cargas y cambios de temperatura que deben resistir las uniones requeridas, más un cierto factor de seguridad.

## 2. ESCENARIO DE UNA POSIBLE FALLA DEL SISTEMA DE SOPORTE DEL SECUNDARIO F/7.5

Para el desarrollo de este trabajo, se tomó en consideración el difícil acceso al sistema de soporte del secundario F/7.5 (Ver *Figura 3*) ya que es muy deseable efectuar este tipo de reparaciones sin desmontar el secundario de su celda. Esto naturalmente dificultará la remoción de los residuos de cemento de las partes a adherir y la limpieza, tanto del Cervit™ como de los discos metálicos.

Así pues, no solo hay que considerar las propiedades de adherencia de los cementos sino también el tipo de residuos que se originarán y si éstos se quedarán pegados al Cervit™, al metal o a ambos materiales, y cuáles serían los procedimientos para retirarlos, que pueden ser: mecánicos, químicos o una combinación de éstos

En la *Figura 3* se puede observar una tuerca que aprisiona el vástago de carga que permite que el plano del plato se acople a la superficie trasera del espejo.



**Figura 3.** Vista de uno de los seis soportes axiales del secundario F/7.5 del telescopio SPM212. Se puede apreciar el difícil acceso al sistema de soporte y la tuerca que sujeta la rótula del vástago de carga.

### 3. REQUERIMIENTOS DE LAS UNIONES

- 3.1 Las uniones deberán soportar una tensión por centímetro cuadrado al menos tres veces superior a la que ejercerá el secundario F/7.5 del telescopio SPM<sub>212</sub> con el telescopio apuntando al cenit.
- 3.2 Soportando ese peso, las uniones se someterán a cambios bruscos de temperatura.
- 3.3 Soportando ese peso, las uniones serán sometidas al menos una vez y por un tiempo razonable a la temperatura mínima registrada en SPM.
- 3.4 Proveer un método ya sea mecánico, químico o una combinación de éstos para la remoción de los residuos del o los cementos recomendados.

### 4. SELECCIÓN DE LOS CEMENTOS A PROBAR

Para esta selección se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Los soportes son de acero.
- El Cervit™, material cerámico-vítreo de los espejos secundarios, tiene ese nombre por sus propiedades parecidas a las de ambos materiales.
- Una vez aplicado el cemento se requiere un cierto tiempo antes de su fraguado para colocar el soporte adecuadamente.

Con estas consideraciones se llegó a los siguientes criterios para la selección de los cementos a probar:

- 4.1 Que en su empaque se mencione su capacidad para el cementado Vidrio-Metal o Cerámica –Metal, o de estos materiales por separado.
- 4.2 Que el tiempo transcurrido desde su aplicación hasta llegar a la fijación de las piezas fuese al menos de 10 segundos y máximo de 2 horas.
- 4.3 Que el tiempo para alcanzar su resistencia de trabajo fuese a lo más de 12 horas.

Los cementos para pegar espejos retrovisores a los parabrisas son evidentemente buenos candidatos para empezar. Han sido ampliamente probados para el cementado de vidrio contra metal y están expuestos a una amplia gama de temperaturas con rápidas fluctuaciones. Así pues se recurrió a una tienda de artículos automovilísticos, donde se consiguieron cementos dedicados a este propósito y algunos más, no dedicados pero cuya propaganda sugería que podrían adherir a ambos materiales.

En la Tabla 1 se presentan los cementos seleccionados y un resumen de la información que se obtuvo de las leyendas de los empaques.

Ninguno de éstos menciona un solvente específico y cinco de ellos recomiendan, en caso de contacto con los ojos, enjuague con abundante agua y visita urgente al médico. La excepción es el de marca RESISTOL™ que aparentemente es inocuo.

**TABLA 1**

Información de los cementos extraída de las leyendas de los empaques.

Nombre comercial y Marca	Substancias mencionadas	Recomendado para	Tiempos				Enjuague inmediato para contacto con la piel
			No fluidez	Cuidado	Puede resistir después de	Máxima Resistencia	
Dr. Bond™ PERMATEX™	Etil Cianoacrilato	Metal, Cerámica, Porcelana, No se recomienda para vidrio	15-30 seg				Acetona y “pele los residuos con la uña”
Ultra Bond™ PERMATEX™	Etil Cianoacrilato Metil Metacrilato	Metal, Cerámica	15-30 seg				Agua 15 min
Super Glue SureHold™	Cianoacrilato	Metal, Vidrio	5 a 15 seg				Agua tibia jabonosa y “restriegue los residuos”
Retrovisores CEIS, S.A.	Hidroxipropil Metacrilato	Vidrio-Metal	2 min	15 minutos	12 horas	24 horas	Abundante agua y jabón
Repara Extreme RESISTOL™		Metal, Vidrio, Porcelana -50°C a 120°C	5 min	Presión 1 hora	2 horas	24 horas	“No pega los dedos”
Rear view Mirror Adhesive SureHold™	Ésteres de Metacrilato Ácido Acrílico, Alcohol Isopropílico	Vidrio-Metal No se recomienda debajo de 40°F (4.4°C)	1 + 1 min		1 hora	24 horas	Abundante agua y jabón

## 5. CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE SOPORTE

En la literatura disponible no se encontró el peso del secundario F/7.5 ni su espesor central, por lo que procedimos a calcularlo aproximadamente pero asegurando siempre que si hubiere algún error fuese en la dirección de exagerar el peso. Los datos conocidos son:

- Diámetro del Secundario 67.3 cm
- Densidad del Cervit™ 2.5 g/cm<sup>2</sup>
- Diámetro de los seis discos de soporte 5.0 cm
- Espesor del Secundario (Estimado) 11.0 cm

Se calculó lo siguiente:

- 5.1 Peso del Secundario 97.8 Kg
- 5.2 Tensión soportada por cada disco 16.3 Kg
- 5.3 Tensión por cm<sup>2</sup> 0.83 Kg/cm<sup>2</sup>

## 6. PREPARACIÓN DEL EXPERIMENTO

Se planeó efectuar los cementados usando vidrio común como sustituto del secundario y tuercas de acero en substitución de los discos de soporte y aprovechar el agujero de las tuercas para colgar de ahí un cierto peso y así someter las uniones a la tensión producida por el secundario F/7.5 del telescopio SPM212 más un factor de seguridad de 3 ó más y someter periódicamente las uniones a cambios bruscos de temperatura.

Se usaron tuercas cuyas caras laterales miden 0.6 x 0.7 cm y se calculó lo siguiente:

- Área de las caras de las tuercas 0.420 cm<sup>2</sup>
- Tensión por cm<sup>2</sup> del punto 5.3 0.830 Kg/cm<sup>2</sup>
- Peso por tuerca para obtener esa tensión 0.349 Kg
- Con factor de seguridad de 3 1.040 Kg

A continuación:

- a) Se procuraron seis vidrios a los que se les esmeriló un área adecuada para simular la superficie trasera de los secundarios
- b) Se prepararon seis pesos de 1 Kg
- c) Se preparó un soporte adecuado para suspender los especímenes

## 7. TRANSCURSO DEL EXPERIMENTO

Se efectuaron los cementados siguiendo las instrucciones impresas en los empaques de los cementos. En cada caso el adhesivo se esparció por áreas diferentes de los vidrios, debido a diferencias en la viscosidad y a la presentación del compuesto, algunos más fáciles de controlar que otros.

Una vez alcanzado el tiempo de curado de los cementos, se colgaron los pesos y las uniones fueron sometidas dos veces por semana a un calentamiento brusco mediante una pistola de aire caliente que se aplicó a cada prueba durante 10 segundos y a una distancia de 10 centímetros, lo que incrementó la temperatura aproximadamente desde 20°C a 40°C.

Todas las uniones soportaron estas condiciones durante 3 semanas.

Se disminuyó entonces la distancia de la pistola de aire caliente a 5 centímetros con lo que se incrementó la temperatura desde 20°C a 50°C aproximadamente. Esto produjo la falla inmediata de dos de las pruebas.

Los dos pegamentos que se mantuvieron fueron: Retrovisores **CEIS, S.A.** y Rear View Mirror Adhesive **SureHold™**. (La adherencia firme se logra en 1 y 12 horas respectivamente y el máximo se alcanza en 24 horas para ambos pegamentos.)

El tratamiento térmico se continuó así durante una semana más sin nuevas fallas.

Por diversas razones, el experimento quedó desatendido durante una semana más; esto es, sin calentamientos. Al cabo de ese tiempo se encontró que dos más de las pruebas habían fallado.

## 8. OBSERVACIONES SOBRE LAS UNIONES

En la Tabla 2 se presenta un resumen de algunas observaciones hechas durante los cementados, durante las pruebas de resistencia mecánica, y sobre los residuos de las uniones fallidas.



**TABLA 2**  
Observaciones sobre las uniones

	<b>Nombre comercial y Marca</b>	<b>Viscosidad relativa del cemento</b>	<b>Calentamiento de 20°C a 40°C en 10 segundos</b>	<b>Calentamiento de 20°C a 50°C en 10 segundos</b>	<b>Fallas posteriores</b>	<b>Residuos en vidrio</b>	<b>Residuos en metal</b>
1	Dr. Bond™ PERMATEX™	Baja	Soportó		Falló	Huella casi limpia, de 1 a 1.5 mm mayor que la tuerca, duro, se quita con navaja.	Si, duro, restos de 1 a 0.5 mm alrededor del área de contacto; Requiere lima para quitarse.
2	Ultra Bond™ PERMATEX™	Media	Soportó	Falló		Pequeña huella, duro, se quita con navaja.	Si, duro, un poco quebradizo, pocos restos, Se quita con navaja.
3	Super Glue SureHold™	Baja	Soportó	Falló		Huella casi limpia, de 1 a 1.5 mm mayor que la tuerca, menos duro, se quita con navaja.	Si, menos duro, un tanto quebradizo restos de 1 a 0.5 mm alrededor del área de contacto; Se quita con navaja.
4	Retrovisores CEIS, S.A.	Media	Soportó				
5	Repara Extreme RESISTOL™	Alta	Soportó		Falló	Pequeña huella, elástico, se quita con navaja.	Si, elástico. Residuos principalmente en la orilla; Se quita fácilmente con navaja.
6	Rear view Mirror Adhesive SureHold™	Media	Soportó				

Para poder hablar de la confiabilidad en los pegamentos, el experimento se repetirá en la época invernal utilizando únicamente los dos pegamentos mencionados en el párrafo anterior para completar el estudio con bajas temperaturas y ciclos naturales de enfriamiento y calentamiento.

## 9. CONCLUSIONES

- Los requerimientos 3.1 y 3.2, respecto a la tensión y cambios bruscos de temperatura, sólo fueron alcanzados por los cementos: Retrovisores **CEIS, S.A.** y Rear View Mirror Adhesive **SureHold™**
- El requerimiento 3.3, sobre resistencia a temperaturas mínimas de estos adhesivos se pondrá a prueba repitiendo el experimento en el OAN-SPM dejando simplemente que el clima del observatorio actúe sobre las uniones por un tiempo indefinido.
- El requerimiento 3.4, relativo al método de limpieza del vidrio y los discos, se considera resuelto por la analogía física y química entre los cementos (como se puede ver en las Tablas 1 y 2).