

REPORTE DEL ANÁLISIS DE LAS TAPAS NUEVAS DE LA TRAMPA DEL PISO DEL TELESCOPIO DE 2.1 m.

G. Sierra, L. Gutiérrez, M. Pedrayes, M. Núñez, G. Guisa, E. López.

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

RESUMEN:

Presentamos en este documento las pruebas y resultados de esfuerzos y deformaciones mecánicas realizadas a una de las rejillas que se proponen como nueva tapa de la trampa del piso del telescopio de 2.1m, así como información general del bastidor que sostiene

las tapas sobre el piso del telescopio. Al final se presentan sugerencias para optimizar el uso de las nuevas rejillas como tapas y se propone un mecanismo para abrir y cerrar la trampa automáticamente.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA REJILLA	2
3. DESCRIPCIÓN DEL BASTIDOR DE LA TRAMPA DEL TELESCOPIO	4
4. LAS PRUEBAS	4
5. RESULTADOS GENERALES DE LAS PRUEBAS	9
6. LA PROPUESTA.	9

1. INTRODUCCIÓN

El edificio del telescopio de 2.1 m del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), consta de 4 niveles, en el suelo de cada uno de los tres niveles superiores existe una trampa por donde se suben y bajan objetos que no pueden utilizar el elevador. Actualmente cada trampa consta de cuatro tapas y un bastidor. El bastidor es un marco rectangular de acero estructural que se encuentra fijo al piso, en el perímetro de cada trampa y sirven para sostener las cubiertas. Las tapas son abiertas y cerradas manualmente exclusivamente por el personal de mantenimiento del OAN. En 2010, se gestionó sustituir estas cubiertas por unas rejillas nuevas de fibra de vidrio, este cambio de rejillas lo coordinó el departamento de obras del IA-UNAM. Dado de los hechos ocurridos en el OAN el 14 de noviembre del mismo año, se nos pidió analizar mecánicamente las nuevas rejillas que sustituirían a las tapas actuales.

2. DESCRIPCIÓN DE LA REJILLA

La rejilla es de fibra de vidrio y está compuesta por 20 vigas de perfil "I" paralelas entre sí a una distancia de 1" y unidas por 14 barras sólidas de perfil circular de diámetro 0.50", del mismo material, que pasan perpendicular a las vigas I a través de sus almas a cada 6". Ver figura. 1, 2 Y 3. Las dimensiones generales de la rejilla son 84.00" X 39.50" X 2.25" y con un peso de 53 Kg.

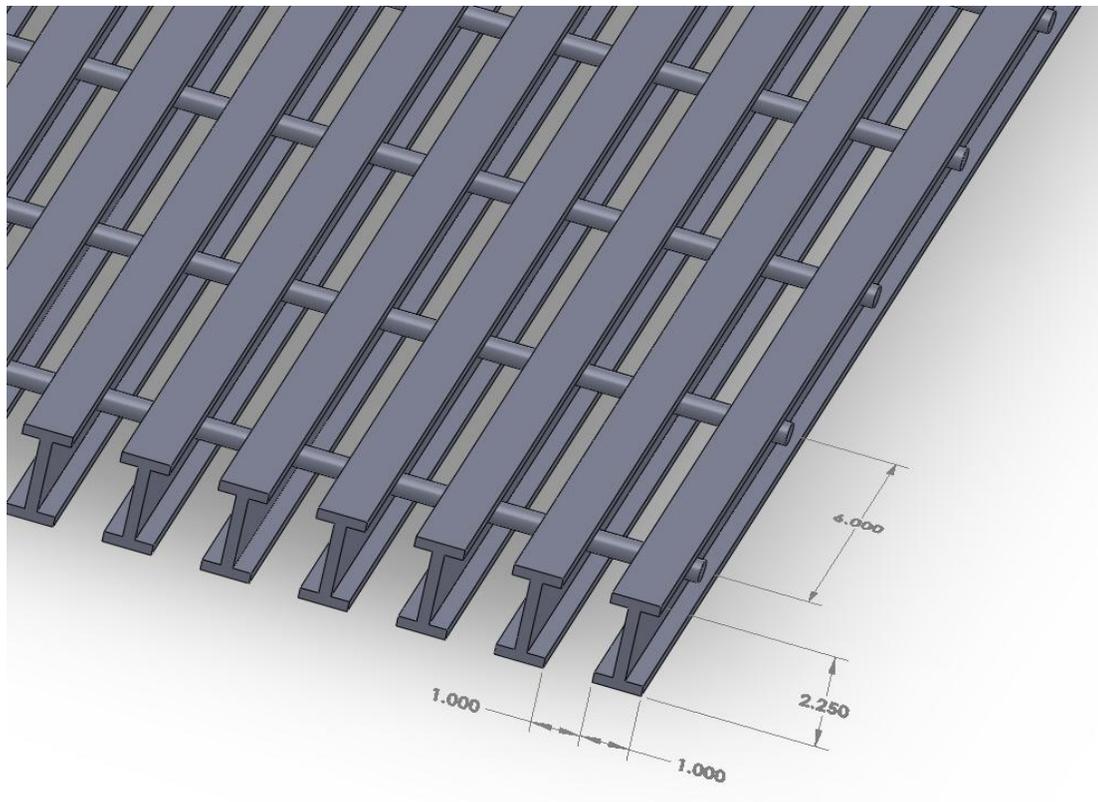


Figura 1: Detalle de la rejilla

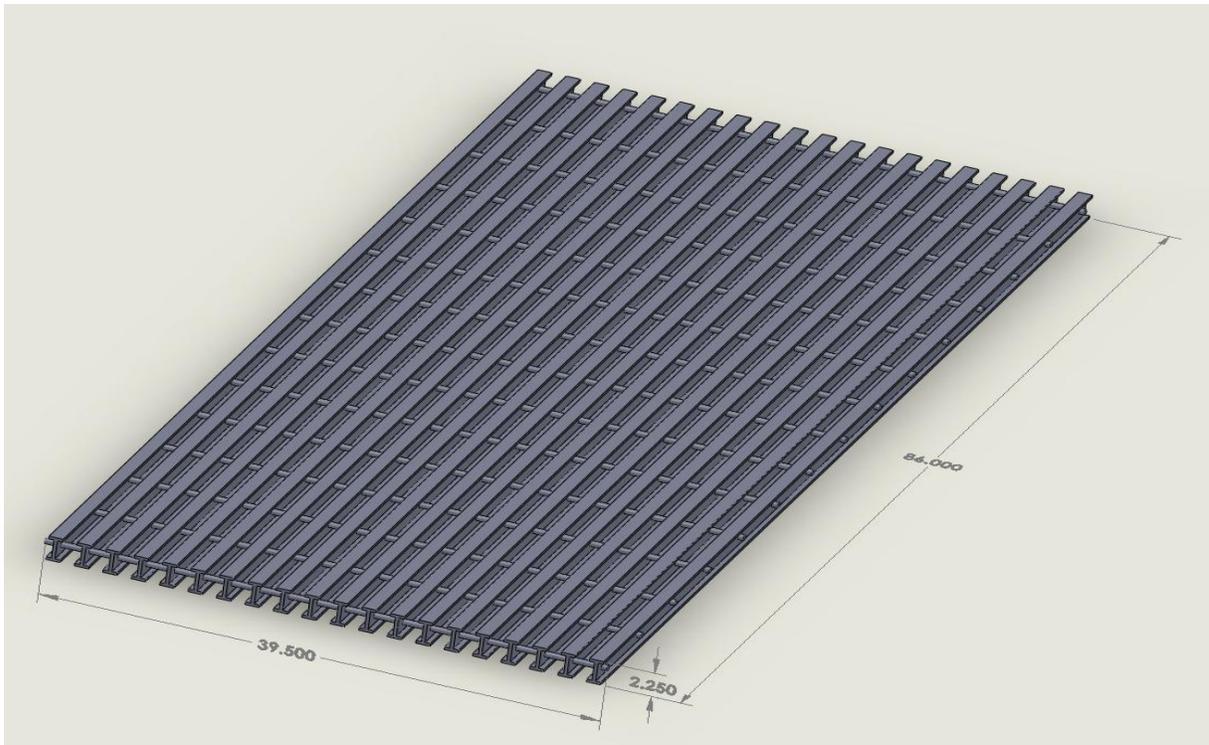


Figura 2: Dimensiones generales de la rejilla



Figura 3: Rejilla en la posición para las pruebas. Se muestra los polines de madera de 4"X3" en los extremos de la rejilla separados entre sí 78". El aluminio que se ve en su periferia únicamente sostiene un acrílico transparente que cubre la superficie inferior de la rejilla.

3. DESCRIPCIÓN DEL BASTIDOR DE LA TRAMPA DEL TELESCOPIO

El bastidor es un marco rectangular de acero estructural que se encuentra en la periferia de cada trampa y sirve para sostener las tapas. Las medidas generales de este son $86.313'' \pm 0.375''$ X $158.062'' \pm 0.375''$ y una profundidad de $2.250''$. El ancho de las cejas es de $3.000'' \pm 0.250''$ hacia dentro del claro y su espesor de $0.250''$, y son parte de las vigas de perfil "L" o ángulo que sostienen el piso del telescopio véase figura 4. Estos ángulos están formados por 2 soleras de espesor $0.250''$ soldadas perpendicularmente.

Las medidas generales del claro interno de la trampa son de $80.530'' \pm 0.200''$ X $152.250'' \pm 0.250''$ aproximadamente, dado que no es un rectángulo perfecto donde descansan las tapas, véase figura 4.

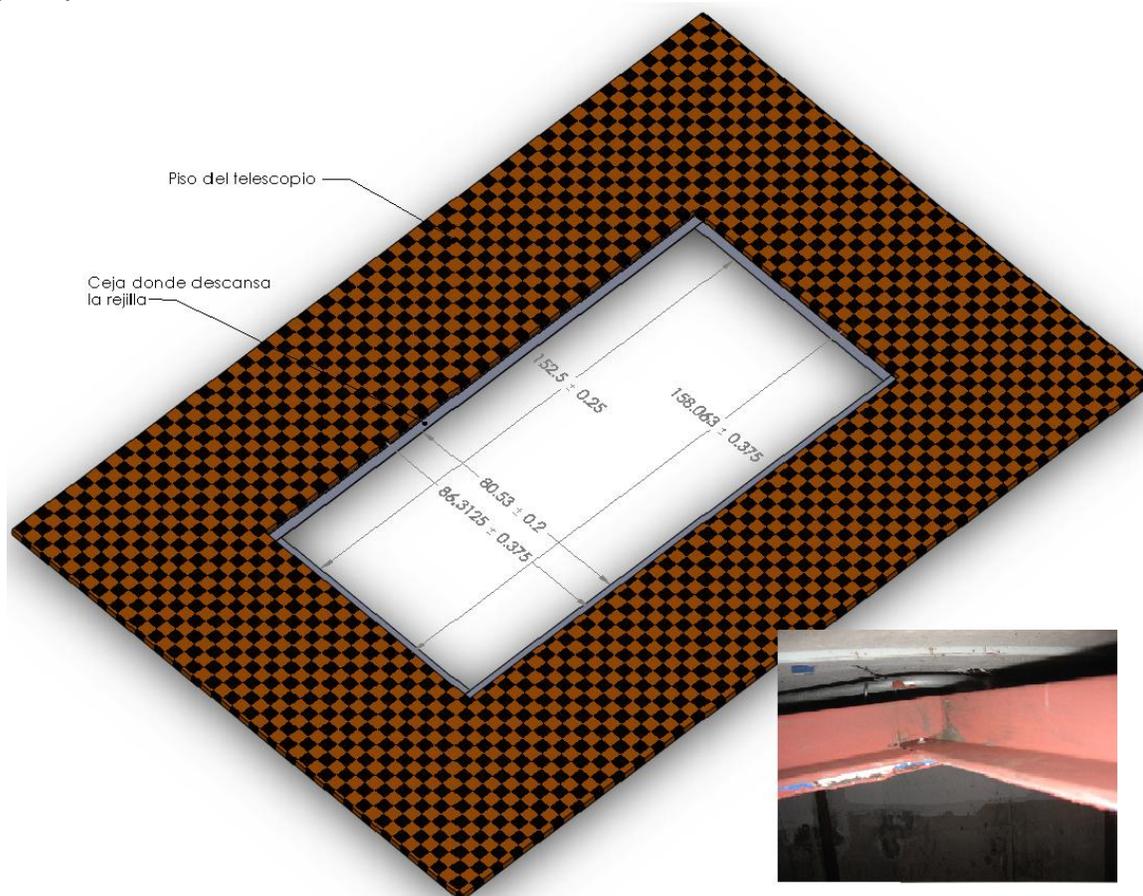


Figura 4: Bastidor de acero estructural que se localiza en el piso del telescopio donde se colocan las rejillas. Se muestra las medidas generales y del claro interno del mismo. En el inserto, foto de viga que sostiene el piso del telescopio.

4. LAS PRUEBAS

Para las pruebas se tomaron unos polines de madera de $4''$ X $3''$ los cuales se colocaron en forma paralela a una distancia de $78''$. Sobre estos polines se colocó la rejilla quedando como una viga simplemente apoyada con un claro de $78''$. Véase figura 3

Se colocó el tanque de nitrógeno al centro de la rejilla, sostenido por un dinamómetro enganchado al garfio del malacate que se localiza en la pluma externa del edificio. Con esta configuración se realizaron todas las pruebas a la rejilla. Véase figura 5.

Para medir las deflexiones de la rejilla, con vernier, se tomó como superficie de referencia el suelo y la superficie superior de la rejilla. La superficie de referencia del suelo es de adoquín el cual por su rugosidad nos lanza una incertidumbre de medición de 0.025". El valor de la incertidumbre lo obtuvimos midiendo la altura de la rejilla en varios puntos muy cercanos entre sí, estos datos se promediaron para obtener las condiciones iniciales de la primera prueba. Véase figura 6.



Figura 5: A la izquierda, dinamómetro censando la carga transmitida. A la derecha, tanque de nitrógeno colocado sobre la rejilla.

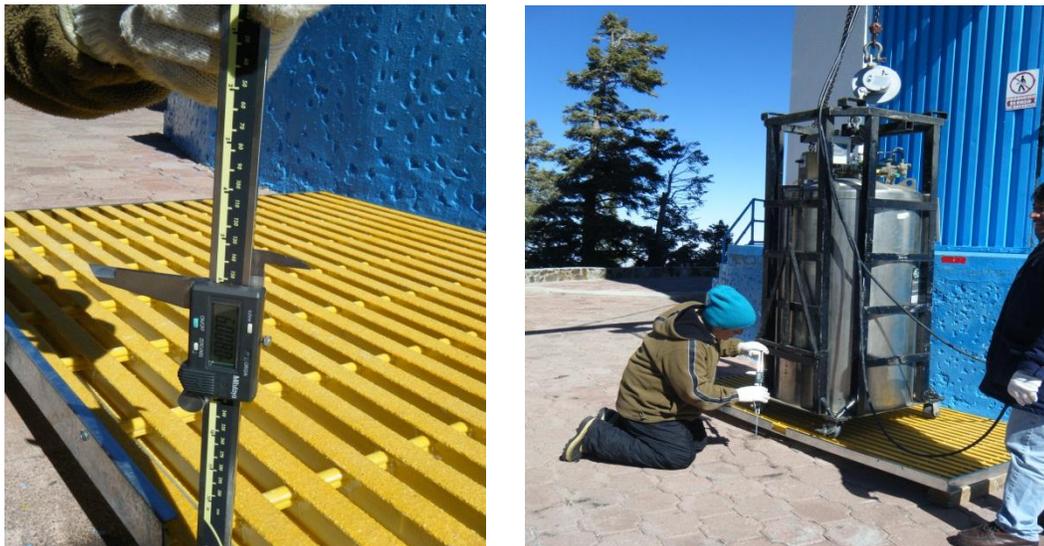


Figura 6: Forma de tomar las deflexiones de la rejilla.

En la primera prueba se utilizó como carga máxima el peso de 1,800 libras que equivale al contenedor de nitrógeno con su carro para desplazarlo y 2 personas montadas en él. Esta carga fue colocada gradualmente en el centro de la rejilla en 4 pasos por medio del malacate eléctrico.

Cuando la rejilla cargo el peso máximo se sacudió el tanque de nitrógeno de un lado a otro, con el objetivo de asegurarnos que el dinamómetro no cargaba peso alguno y también para variar la distribución de las cargas aplicadas a la rejilla. Después la carga fue retirada también en 4 pasos.

Los datos de esta prueba se pueden ver en la tabla 1, donde se muestra por columna lo siguiente: El número del caso en la primera columna (cada incremento o decremento en la carga lo tomamos como un caso diferente). La distancia entre la superficie de referencia (suelo) y la parte superior de la rejilla en la segunda columna. La flexión en el punto central de la rejilla en la tercera columna. Este valor equivale a la diferencia entre la distancia original (caso 0) y la nueva distancia leída en cada caso. La magnitud de la carga aplicada y la reducción en longitud en las siguientes columnas, esta última se leyó únicamente con la carga máxima, siendo la distancia de inicial de 84". En la última columna tenemos las observaciones. La única observación realizada es el evento de sacudir el cilindro de nitrógeno.

Los reglones de la tabla representan los diferentes casos. El caso 0 es con las condiciones iniciales. Los casos 1, 2, 3 y 4 se obtuvieron incrementando la carga hasta el peso máximo. Los datos del caso 5 son tomados después de que se sacudió el tanque de nitrógeno sobre la rejilla. Los casos 6, 7, 8 y 9 se obtuvieron disminuyendo el peso, siendo este último caso sin carga, donde se observa que la recuperación de la rejilla es total al igual que al sacudir el contenedor de nitrógeno donde hay una mínima variación de 0.012".

TABLA 1

Datos de la primera prueba.

Caso	Distancia al piso [Pulgadas]	Flexión [Pulgadas]	Carga [Libras]	Reducción en longitud [Pulgadas]	Observaciones
0	6	0.000	0	0	
1	5.358	0.650	800		
2	5.153	0.855	1150		
3	4.945	1.015	1400		
4	4.862	1.146	1800	0.125	
5	4.85	1.158	1800		Sacudida del tanque
6	5.137	0.771	1000		
7	5.522	0.486	550		
8	5.805	0.203	300		
9	5.994	0.006	0		

Los datos de de las columnas 3 (deformación) y la 4 (carga) de la tabla 1, se muestran en forma gráfica en la figura 7. De la gráfica se concluye que el material está trabajando en su rango elástico dado que presenta una pendiente constante y no presenta deformaciones permanentes pues la recuperación del material al quitar la carga se consideró total.

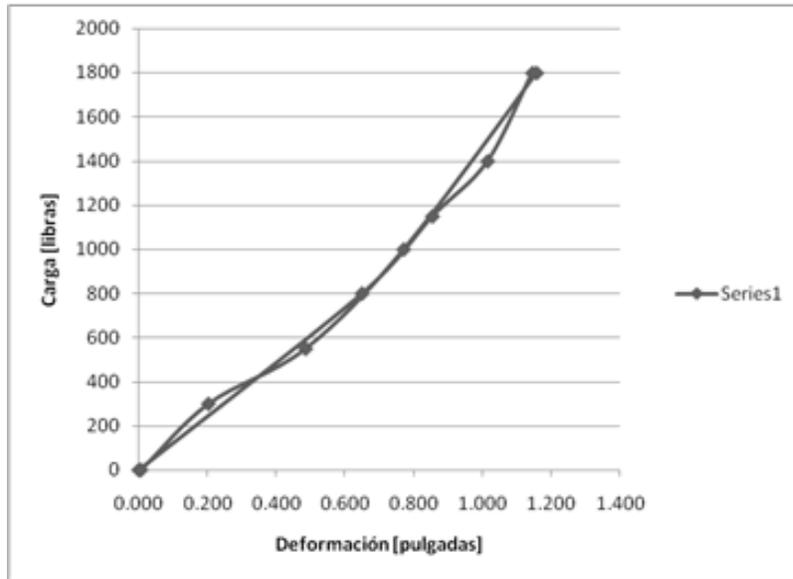


Figura 7: Gráfica de Deformación-Carga de la primera prueba

Para la segunda prueba que se realizó, se dejó la rejilla en la misma configuración, pero en lugar de que la carga del contenedor de nitrógeno se soltara gradualmente, con la paleta de control del malacate eléctrico, se soltaba repentinamente, hasta que 1,400 libras eran soportadas por la rejilla y de igual manera se retiraba la carga. Este ciclo se repitió 5 veces.

El primer dato que se tomó fue la altura al centro de la rejilla sin carga, esto es, antes de que empezaran los ciclos y nos dio un valor inicial de 5.951" en el caso 10. Los demás datos se tomaron al terminar un ciclo. En los caso del 11 al 15 se midió la misma altura pero con la rejilla deformada por la carga. En estos 5 casos la carga era de 1,400 libras y era imposible leer la altura de la rejilla sin carga puesto que quedaba así en medio del ciclo. En esta prueba se demostró la resistencia a la fatiga de la rejilla. En el caso 16 se repitió el ciclo pero se incremento la carga en 400 libras, dándonos una fuerza aplicada de 1,800 libras. En este caso el impacto fue muy grande que la rejilla rebotó ligeramente al quitar la carga. El caso 17 fue el último de la segunda prueba, en el cual fue retirada la carga quedando la rejilla libre, como en el caso 10 y se midió la deformación residual. Los datos de esta prueba se pueden leer en la tabla 2.

TABLA 2

Datos de la segunda prueba

Caso	Distancia al piso [Pulgadas]	Flexión [Pulgadas]	Carga [Libras]	Observaciones
10	5.951	0	0	Sin carga
11	4.842	1.109	1400	Con carga
12	4.938	1.013	1400	Con carga
13	5.027	0.924	1400	Con carga
14	4.908	1.043	1400	Con carga
15	4.908	1.043	1400	Con carga
16	4.666	1.285	1800	Con carga
17	5.939	0.012 residual	0	Sin carga

La deformación residual que se presentó en el caso 17 fue de 0.012", que se interpretó como nula, esto debido a las incertidumbres por las condiciones de las superficies de referencia a medir (el piso es adoquín), como ya se mencionó. Adicionalmente a esta última medida realizada, se inspeccionó la rejilla a ojo para ver si presentaba algún tipo de pandeo y no se encontró evidencias de esto.

La tercera prueba también utilizó la misma configuración, pero aquí se le aplicó una sola carga en un período prolongado de tiempo. Se le dejó el tanque de nitrógeno con un peso de 1,300 libras durante 2:45 horas aproximadamente. En la tabla 3, se pueden apreciar los datos de esta prueba. En el caso 18 se muestra la distancia entre la rejilla y el piso de adoquín antes de aplicar la carga. En el caso 19 tenemos la misma distancia pero inmediatamente después de aplicar la carga y en el caso 20 el mismo dato, tomado 2:45 horas más tarde. La diferencia de deflexión entre los casos 19 y 20 es de 0.015" lo que se interpretó como despreciable tomando en cuenta las limitantes de la superficie de referencia. En esta prueba no se tomó medida después de retirar la carga, por omisión en el proceso de las pruebas. El valor inicial de la siguiente prueba no puede sustituir este dato, puesto que se reacomodaba la rejilla antes de empezar cada prueba.

TABLA 3

Datos de la tercera prueba.

Caso	Distancia al piso [Pulgadas]	Flexión [Pulgadas]	Carga [Libras]	Diferencia entre mediciones [Pulgadas]
18	6.007	0	0	
19	4.983	1.024	1300	
20	4.968	1.039	1300	0.015

La cuarta prueba también utilizó la misma configuración, pero la carga se distribuyó más uniformemente utilizando una lámina sobre la parte superior de la rejilla. Esta última prueba se realizó con un tanque lleno de nitrógeno el cual pesaba 1,800 libras.

Antes de colocar la carga, se midió la altura que existe entre la rejilla y el suelo y esta medida se tomó como referencia, caso 21. Se aplicó la carga de 1,800 libras y se midió la misma distancia, caso 22. Se retiró la carga y se volvió a medir la altura, caso 23. La diferencia de las mediciones del caso 21 y 23, es la deformación permanente que presentó la rejilla. Este valor es de 0.008".

Los resultados de la prueba se pueden ver en la tabla 4, donde se muestra que se flexionó un máximo de 1.213" en esta prueba, pero al quitar la carga, la rejilla se recuperó con una diferencia de 0.008" pulgadas, por lo que se consideró una recuperación total del material.

TABLA 4

Datos de la cuarta prueba

Caso	Distancia al piso [Pulgadas]	Flexión [Pulgadas]	Carga [Libras]	Diferencia entre mediciones [Pulgadas]
21	5.803	0	0	
22	4.6	1.213	1800	
23	5.795	0.008	0	0.008

5. RESULTADOS GENERALES DE LAS PRUEBAS

Las pruebas de resistencia mecánicas efectuadas a la rejilla tenían la intención de verificar si el material trabajaba en su rango elástico con las condiciones extremas de carga de las tapas. La conclusión fue que, por la resistencia del material, NO se encontró evidencia alguna de que las rejillas no pudieran sustituir a las tapas actuales, dado que en ninguna de las pruebas se alcanzó el esfuerzo de fluencia del material. Esto se dedujo al no encontrar deformación permanente.



Figura 8: Se muestran fotos de las rejillas trabajando como tapas de la trampa del telescopio 2.1m

Sin embargo, dado que tuvimos la oportunidad de ver las rejillas trabajando como tapas de las trampas del telescopio de 2.1 m, queremos enumerar algunos puntos débiles que presentarían el uso de las mismas, véase figura. 8;

El material de las rejillas es dúctil y presenta un módulo de Young relativamente bajo, comparándolo con los metales. Así, la flexión de la rejilla producida por el peso de un individuo sobre la rejilla es fácilmente detectada por la misma persona generando una sensación de inestabilidad.

La misma elasticidad del material permite que el material actúe como un trampolín si alguien se pone a brincar sobre ella, este da una sensación de desequilibrio.

La transparencia del material y la altura que existe entre los pisos del telescopio dan vértigo.

La manera propuesta de colocarlas en el bastidor representa un riesgo para el personal que las instala.

Los dos primeros puntos dan la sensación de inseguridad al caminar sobre las rejillas puestas sobre el bastidor de la trampa, aun con la luz apagada. Esto es debido a que la elasticidad del material es percibida fácilmente por una persona adulta que este sobre la rejilla. El poder visualizar el nivel de abajo cuando se encuentran colocadas sobre la trampa en el piso del telescopio da la sensación de vértigo e inestabilidad. El cuarto punto mencionado, pone en peligro la integridad física del personal que manipule las tapas, dado que este tipo de rejillas no son diseñadas para facilitar el ser quitadas, esto es, la forma de manipularlas en la maniobra de removerlas del bastidor que las contiene en el piso es insegura. En la figura 8, se muestran fotos de las rejillas que forman las tapas de la trampa del telescopio de 2.1m.

6. LA PROPUESTA.

La propuesta que presentamos trata de subsanar los puntos débiles presentados en el punto anterior. Además sugerimos un mecanismo automatizado para abrir y cerrar la trampa sin poner en riesgo al personal que abra o cierre las tapas.

Las sugerencias para subsanar los puntos débiles y poder usar las rejillas como tapas son;

1. Para aumentar la rigidez y evitar la transparencia del material, se propone reforzar a la rejilla con una lámina diamantada de aluminio en la parte superior y una placa de aluminio por la parte inferior. Para conocer los espesores adecuados de estos dos elementos es necesario realizar un estudio mecánico.
2. Para realizar la maniobra de abrir las tapas de la trampa, se sugiere el diseño de un mecanismo de dos malacates eléctricos y sincronizados que abatan por pares las rejillas. Se propone colocar un mecanismo en la pared superior que da al elevador (parte norte de la trampa) y el segundo en la contraparte (sección sur de la misma).
3. Las personas que estén haciendo la maniobra usen arneses de seguridad atados a un tubo por medio mosquetón. Los tubos, tipo pasamanos, estarían fijos y se colocarían a una distancia prudente a todo lo largo de los costados de la trampa, para permitirles movilidad.