

# CONTROL ULTRASÓNICO DE RIELES EN LA ARGENTINA

JORGE EDUARDO FLOCK

Calificación Nivel 2 en la aplicación del método ultrasónico

Bacacay 5454 - (1407) -Buenos Aires - Argentina  
e-mail [jflock@hotmail.com](mailto:jflock@hotmail.com)

El presente trabajo, tiene como objetivo transmitir la experiencia obtenida en el control de rieles aplicando el método ultrasónico, en la renovación de las vías del ferrocarril Gral. Belgrano Sur a solicitud de Transportes Metropolitanos de Buenos Aires.

The present work, has as objective to transmit the experience obtained in the control of rails applying the ultrasonic method, in the renovation of the roads of the railroad Gral. Belgrano Sur to application of Transportes Metropolitanos of Buenos Aires.

## I. INTRODUCCIÓN

Para la renovación de vías del Ferrocarril Gral. Belgrano Sur se utilizaron rieles producidos, es decir rieles usados y estibados a la intemperie por años. Los mismos presentaban mayor volumen (Kg/m) que los que debían ser renovados de las vías en cuestión, con el objeto de poder darle al tramo a renovar una mayor carga por eje que la actual. Para asegurar la calidad del trabajo, la obra completa se vendió con el servicio de inspección ultrasónica incluido.

## II. PRIMERAS OBSERVACIONES

El primer contacto que se tuvo con los rieles a utilizar en la renovación, tenía como objetivo primario observar el estado superficial de los mismos así como también su particular geometría. Los primeros resultados observados de estos rieles, en cuanto a su estado superficial, mostraban desgaste de hongo, provocado por las toneladas / años circuladas sobre los mismos. La apariencia de estos mostraba una leve inclinación de uno de sus filos laterales de la cabeza del riel, haciéndose muy notorio en algunos tramos. La superficie de rodadura mostraba los efectos de la corrosión producida por los años de estiba a la intemperie. Se verificó posteriormente la imposibilidad de transmitir sonido en estas condiciones superficiales, por lo que se resolvió aplicar el control sobre vías ya instaladas y con el pulido característico. Como resultado de las mediciones en dimensión realizadas en el riel que hemos examinado, se determinaron las calibraciones en distancia, mediante las cuales se ajustó el equipo ultrasónico para obtener un examen de tres partes características del riel, a saber: el alma, la cabeza y el enlace alma patín. Para el control realizado se tuvo la posibilidad de utilizar un sistema de la firma S.I.U.I. (origen Chino) específicamente diseñado para realizar una forma de inspección ultrasónica univial, contando el mismo con dos partes esenciales, a saber: el **equipo ultrasónico** y el **carro portapalpador**. En la siguiente figura se observa al sistema de control utilizado de la firma S.I.U.I.



SISTEMA DE CONTROL DE RIELES EN VELOCIDAD

## III. EQUIPO ULTRASÓNICO

El equipo de ultrasonido estaba compuesto por un tubo de rayos catódicos en el que podían claramente diferenciarse cinco líneas de base, una para cada uno de los cinco canales con los que venía equipado el mismo. La frecuencia de repetición del pulso de sonido se ubicaba en el orden de los 2500 Hz. por canal, lo que permitía una densidad de pulso de 0,8 milímetros a una velocidad de 8 Km/h. Esto quiere decir que, a paso de hombre, se inyecta un pulso de sonido cada ½ milímetro en la sección transversal del riel controlado.

Cada canal poseía una calibración en distancia que le era propia, permitiendo su ajuste por medio de la placa de amplificación ubicada en el interior del aparato. Esto obligaba al operador a trabajar con calibraciones en distancia que no podían alterarse en la inspección. Los ajustes en sensibilidad para cada uno de los canales podían ser regulados mediante los mandos de ganancia de ajuste grueso y fino ubicados en el frente del equipo. Cinco alarmas sonoras con diferentes registros (una para cada canal) daban aviso al operador de la presencia de una discontinuidad en el trayecto recorrido.

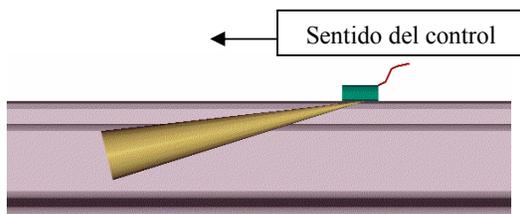
#### IV. EL CARRO PORTA PALPADOR

Llamamos así al conjunto formado por el pedestal del equipo de ultrasonido, el tanque de agua con su sistema de riego por robinetes, las ruedas de apoyo en vías y las de superficie plana, y los brazos de apoyo de los portapalpadores que contenían los núcleos de auscultación. Los núcleos de auscultación se componen del palpador propiamente dicho, y la suela del palpador que es la que mantiene contacto directo sobre la superficie del riel. Los brazos de apoyo, por medio de un accionamiento a resorte, dan la posibilidad de presionar los núcleos de auscultación asegurando el perfecto contacto de los mismos a la pieza. El sistema de riego dosifica el agua que reciben las sondas en forma individual. La autonomía del sistema de riego a paso de hombre permite un control de 300 metros con tanque lleno. El conjunto equipo - carro - portapalpador con tanque lleno presenta un peso en el orden de los 33 kilos, haciendo posible su retiro de la vía por medio de una persona.

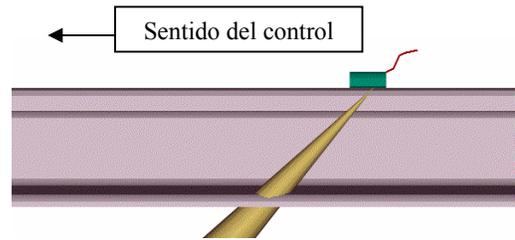
#### V. AJUSTES INICIALES

Primeramente se procedió a verificar los ángulos de los palpadores, así como también las calibraciones en distancia del equipo por medio de patrones de características acústicas similares a las del riel a inspeccionar. Posteriormente y mediante el estudio de las configuraciones utilizadas para este examen en países como Estados Unidos, Inglaterra, Italia y China, se adoptó para el control la siguiente configuración:

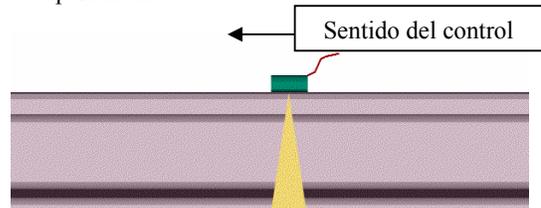
- I. Palpador de 2 cristales emisor y receptor separado de  $70^\circ$  en sentido de la dirección del control.



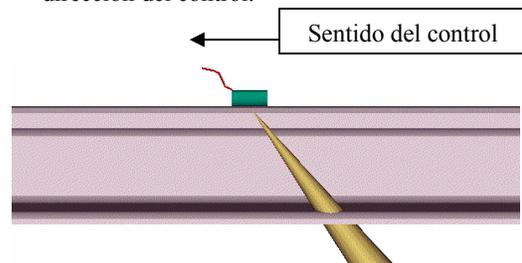
- II. Palpador de 2 cristales emisor y receptor separado de  $37^\circ$  en sentido de la dirección del control.



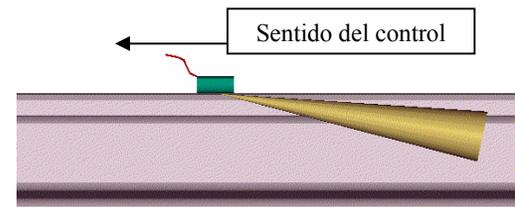
- III. Palpador de 2 cristales emisor y receptor separado de  $0^\circ$ .



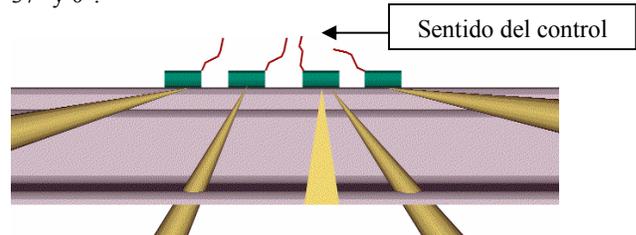
- IV. Palpador de 2 cristales emisor y receptor separado de  $37^\circ$  en sentido contrario al de la dirección del control.



- V. Palpador de 2 cristales emisor y receptor separado de  $70^\circ$  en sentido contrario al de la dirección del control.



La aplicación de la configuración adoptada para el control permite inspeccionar discontinuidades transversales en la cabeza del riel mediante las sondas de  $70^\circ$ , el alma y el enlace alma-patín con las sondas de  $37^\circ$  y  $0^\circ$ .



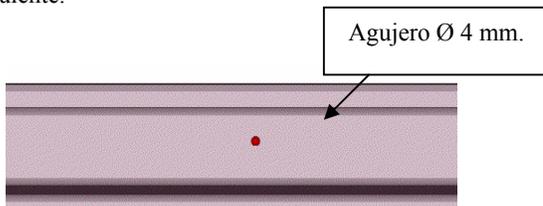
## VI. AJUSTE DEL SISTEMA EN BANCO

Para determinar el rendimiento del sistema en velocidad, se procedió a tomar un tramo de riel (cupón), de 10 metros al que primeramente se le realizó un tratamiento superficial para eliminar la corrosión de la superficie de rodadura.

Luego se aplicó al cupón un examen utilizando al equipo con un ajuste de ganancia elevada, buscando con esto asegurar la falta de discontinuidades dentro del mismo.

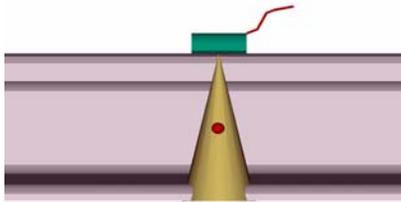
A este riel de características idénticas tanto geométricas como físicas al que luego se procedería a examinar, lo llamamos cupón patrón.

Luego, y en conformidad con las autoridades del Ferrocarril Gral. Belgrano, se procedió a perforar este cupón patrón con un agujero cilíndrico pasante de 4 milímetros y a la altura del alma como indica la figura siguiente.

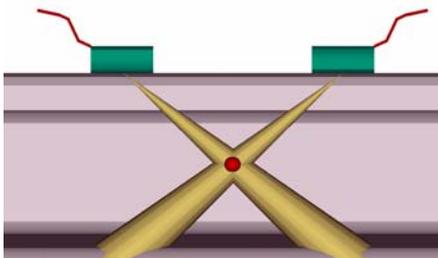


Se montó el sistema sobre el cupón y dejando accionado solamente el palpador normal se recorrió el mismo a velocidad de trabajo obteniendo como resultado el eco proveniente a esta discontinuidad provocada, con la consiguiente alarma de detección.

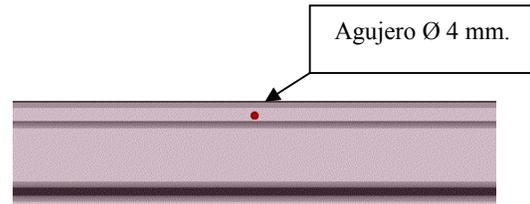
De esta manera se calibró al sistema en sensibilidad ajustando los mandos de ganancia en tantos decibeles como fueran necesarios para que este agujero provoque en el sistema la alarma de falla correspondiente a la velocidad de trabajo deseada.



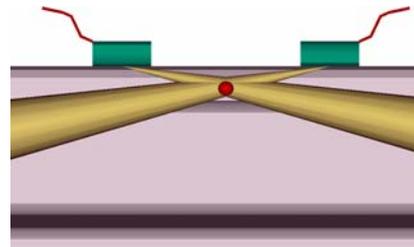
De igual forma se ajustaron por separado los mandos de ganancia que actuaban sobre los palpadores angulares de 37° a fin de permitir el ajuste en sensibilidad de los mismos.



Para el ajuste de los palpadores de 70° se procedió a realizar en el cupón patrón un nuevo agujero cilíndrico pasante pero en este caso a la altura de la mitad de la cabeza del riel, con la finalidad de determinar las capacidades de inspección de las sondas a los defectos transversales.



Al igual que los demás palpadores la respuesta del eco proveniente de este agujero permitió el ajuste en sensibilidad mediante los mandos de ganancia del equipo y el disparo de la alarma de defecto.



Una vez ajustadas todas las variables del sistema se procedió a confeccionar el procedimiento para el control ultrasónico de rieles con la colaboración directa de personal calificado con nivel 3 en la aplicación del método ultrasónico.

Cabe destacar que este procedimiento sólo puede considerarse como válido para este sistema de control en particular, y a partir del mismo se regularon las variables del control de la inspección entre la empresa ferroviaria y la empresa comitente para la cual se desarrolló el trabajo.

## VII. AJUSTE DEL SISTEMA EN VÍA

El primer contacto que tuvo el sistema con la vía propiamente dicha, sirvió para dar las primeras pautas a las cuales debíamos ajustarnos, con el fin de lograr el control ultrasónico de los 80 kilómetros de riel que conformaban la renovación de vías del Ferrocarril Gral. Belgrano Sur.

El primer problema a sortear surgió por la pobre autonomía del sistema de rociadores de agua, (300 metros con tanque lleno), lo que hacía imperiosa la provisión de tal recurso, de forma que se dispuso de una persona con el fin de asegurar las necesidades de abastecimiento del sistema.

Como el control se realizó en vías con tráfico regular de trenes, esta persona a la que llamamos “aguatero”, nos sirvió de aviso para el retiro del sistema de control de la vía.

Otro de los puntos a tener en cuenta fue el horario en el que se efectuaría la inspección.

Debido a que el equipo perdía rendimiento en función del aumento de la temperatura ambiente, (el período en que se realizó el examen correspondió al verano del 99), los horarios adoptados para la inspección fueron entre las 5:30 horas y las 10:30 horas.

Luego de este horario, la temperatura en la vía alcanzaba valores de hasta 45 °C , lo que hacía inmediata la aplicación de medidas de precaución para preservar el buen funcionamiento del equipo ultrasónico.

El control se realizó entonces con un personal de tres personas a saber:

1. El operador del sistema ultrasónico, calificado con el Nivel 1 en la aplicación del método ultrasónico.
2. El proveedor de abastecimiento de agua.
3. El supervisor del control, a cargo de mi persona.

También se determinó la necesidad de implementar un sistema de marcado de rieles en aquellos lugares donde el carro ultrasónico detectara discontinuidades, para lo cual se implementó el uso de pintura en aerosol roja.

Por último se confeccionaron las planillas para el registro de las fallas, donde quedaron diferenciados como puntos más salientes, la progresiva en vía donde aparece el defecto, el número de palpador al que el defecto se presentó más favorable a su campo sónico, la distancia entre el defecto y la superficie de contacto de los palpadores, la longitud de la discontinuidad, el ajuste en ganancia, el ajuste adicional por barrido, y la diferencia en decibeles entre el defecto encontrado y la calibración en ganancia obtenida de la inspección en velocidad del cupón patrón perforado con agujero de Ø 4 milímetros.

## VIII. CONTROL ULTRASÓNICO DE RIELES

El 13 de diciembre de 1998 tuvo comienzo el control ultrasónico a partir del andén de la estación Libertad rumbo a Aldo Bonzi.

Por convención tomamos un riel al azar de la vía descendente y apoyamos el sistema de inspección haciéndolo rodar hacia la estación siguiente llamada Merlo Gómez.

El tramo de cuatro kilómetros fue cubierto en dos etapas (2 kilómetros por día), debido a la inexperiencia con la que aún contábamos. Posteriormente la autonomía diaria aumentó con la experiencia adquirida permitiendo cumplir un examen de 4 kilómetros de riel por día de inspección.

En el trayecto aparecieron las primeras discontinuidades que posteriormente fueron evaluadas con un equipo de análisis puntual, y clasificadas en cuanto a la posibilidad

intempestiva de rotura, de acuerdo al código UIC de defecto de rieles en servicio.

Una vez determinada una discontinuidad, se procedía a su estudio en particular mediante las anotaciones pertinentes en el registro de fallas, y su posterior marcado en caso de que la misma sea considerada de suficiente gravedad para su futura remoción.

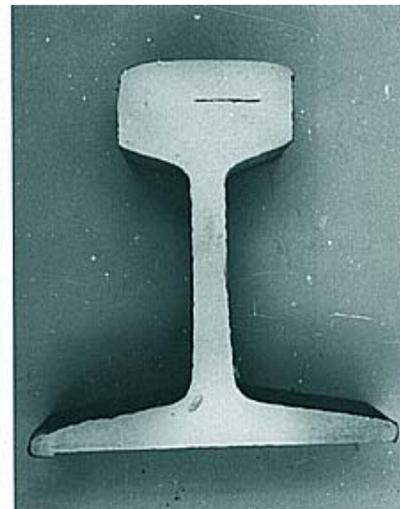
Con los resultados obtenidos, se seleccionaron aquellas discontinuidades que por sus características peculiares, necesitaban un control más exhaustivo por medio de un equipo de análisis ultrasónico puntual.

Una vez removidos los rieles que presentaban discontinuidades, y con el fin de obtener un registro de fallas características, se mecanizaron los rieles para iniciar el estudio de las fisuras en cuanto a sus composiciones físicas y volumétricas.

De este estudio fueron tomadas las fotografías de las fallas presentadas en este trabajo junto al oscilograma característico de las mismas.

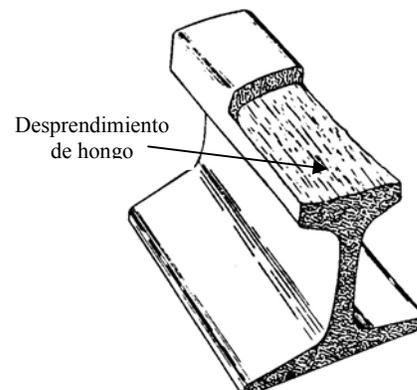
### ❖ Fisura horizontal de hongo.

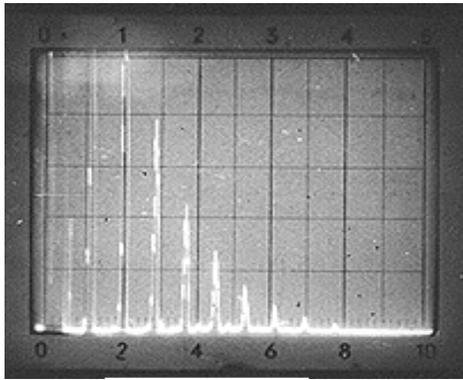
Esta falla característica se presenta muy favorable a ser detectada por el palpador normal apoyado desde la superficie de rodadura.



FISURA  
HORIZONTAL  
DE HONGO

Esta fisura tiende a progresar en longitud produciendo fractura horizontal de hongo como muestra la figura.



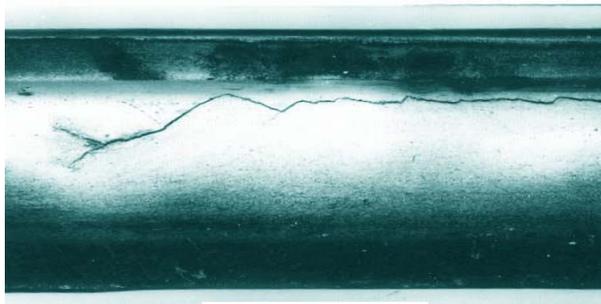


Oscilograma de fisura horizontal de hongo con palpador de 0°

El oscilograma correspondiente a la misma presenta ecos múltiples con la desaparición absoluta del eco de fondo.

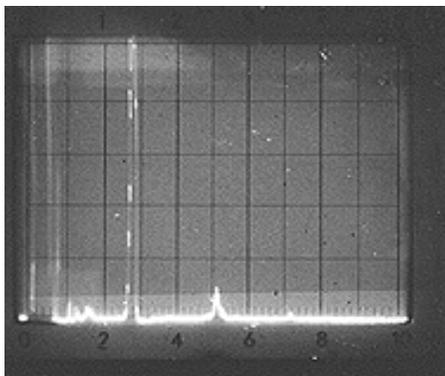
❖ **Fisura en enlace hongo –alma.**

En la detección de esta fisura los palpadores que más favorables se mostraron a recibir el rebote del haz sónico fueron los de 37° y el normal con el consecuente oscilograma característico.



FISURA DE ENLACE HONGO-ALMA

En el análisis puntual el registro del palpador angular de 45° dio por resultado el siguiente oscilograma.



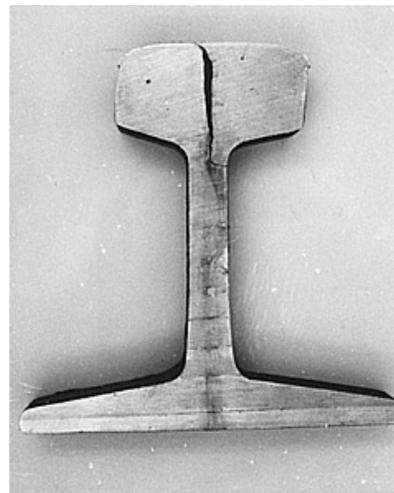
Oscilograma de fisura en enlace hongo-alma con palpador de 45°

Esta falla se propaga dando lugar a una progresiva separación del alma con la cabeza del riel hasta provocar la fractura completa.

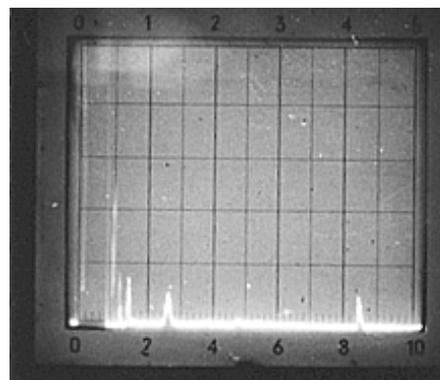
En la inspección realizada encontramos fallas de este tipo de longitudes variables entre los 50 centímetros alcanzando en algunos casos hasta los 5 metros.

❖ **Fisura vertical.**

En este tipo de falla la detección producida en la inspección ultrasónica se vio efectuada por la combinación de las tres sondas utilizadas para el control, aunque ninguna de las mismas mostró con claridad el grado de importancia de la falla, debido a la orientación poco favorable de la misma a la acción de los palpadores actuando desde la superficie de rodadura. Existen actualmente sondas capaces de recorrer al riel teniendo una superficie de contacto en el lateral del hongo o cabeza, buscando principalmente este tipo de defecto característico de los rieles.

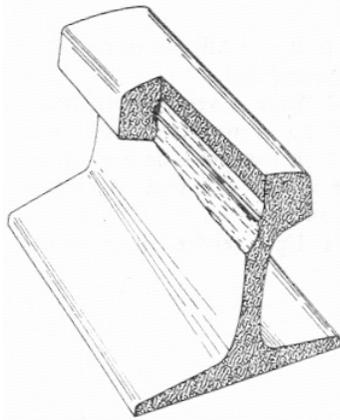


FISURA VERTICAL DE HONGO



Oscilograma de fisura vertical con palpador de 45°

El desarrollo de esta falla característica da lugar a la fractura de la sección del hongo como muestra la siguiente figura.



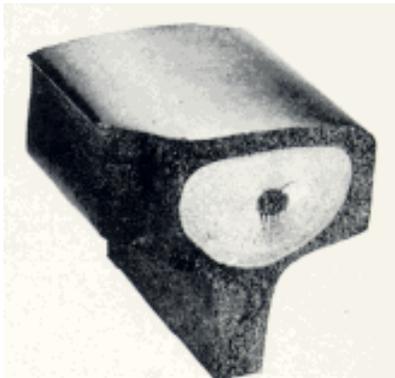
#### ❖ Fisura transversal (Mancha oval)

Esta falla también conocida como “mancha oval” de origen interno tiene la particular característica de producir roturas intempestivas en los rieles que la contienen.

La misma comienza en un pequeño núcleo dentro del hongo ubicado normalmente hacia uno de los laterales del mismo, y su posterior progreso termina en una fractura transversal.

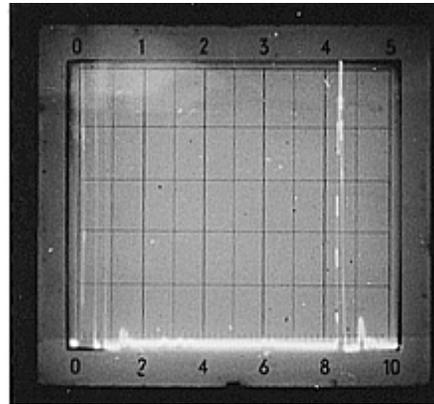
La importancia de su detección cobra relevancia a partir del año 1911 en el descarrilamiento de Manchester (Nueva York) donde se determinó que el mismo fue producido por la rotura de un riel que contenía este tipo de falla.

En el control realizado las sondas de 70° cumplían la específica misión de detectar este tipo de discontinuidades.



FISURA  
TRANSVERSAL

El oscilograma correspondiente a un palpador de 70° desde la superficie de rodadura puede apreciarse en la siguiente fotografía.



#### VIII. CONCLUSIÓN FINAL

En contrapartida con la inspección realizada, tenemos ejemplos de sistemas de control ultrasónico en velocidad utilizados en otros países, capaces de desarrollar velocidades de hasta 30 Km/hora, con la posibilidad de obtener graficas y registros de fallas en tiempo real, dando la posibilidad de cubrir grandes tramos de vías en tiempos muy cortos.

En lo personal, pude apreciar que a pesar que la información con la que cuenta nuestro país en este tema es muy pobre, mucho se a avanzado en países donde las velocidades desarrolladas en este medio de transporte, requieren de medidas de seguridad que garanticen el perfecto estado de sus vías.

El camino a recorrer en este tema recién está en sus comienzos, depende de la apuesta que nuestro país haga a la industria ferroviaria para que el desarrollo de nuevos sistemas puedan implementarse, a fin de apuntar a trenes más veloces en vías más seguras.