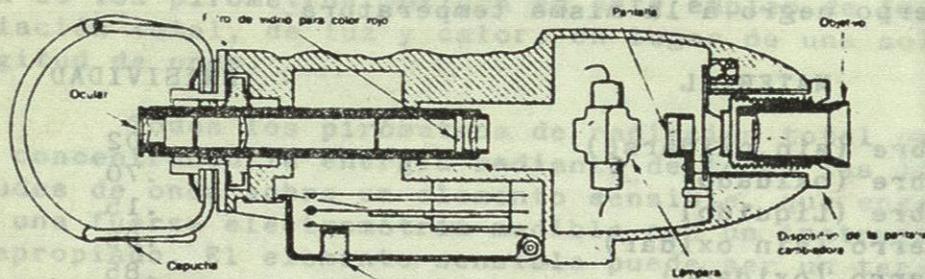


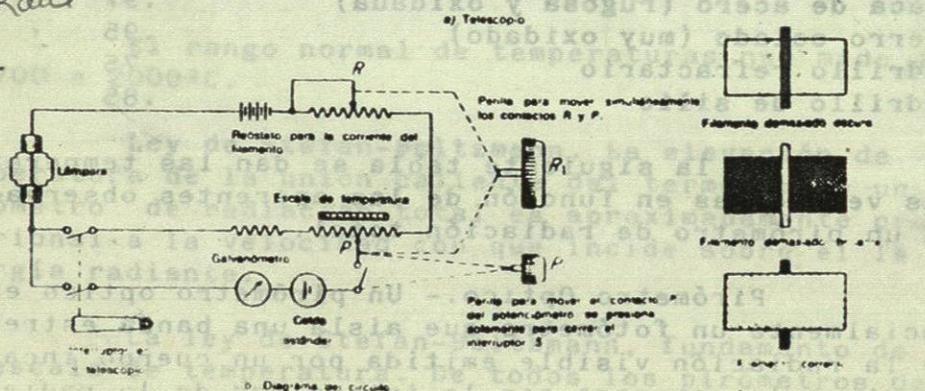
Las radiaciones comparadas suelen estar limitadas a una banda casi monocromática correspondiente a una longitud de onda media de unos 0.65  $\mu$  por lo tanto roja. El que se seleccione precisamente la luz roja es debido a que los filtros de este color permiten aislar una radiación casi monocromática sin pérdidas sensibles de intensidad, lo cual no se logra con filtros de otros colores.

En este pirómetro para poder determinar la temperatura por comparación de intensidades, también se necesita tener en cuenta la emisividad de cada material. En la pirometría óptica, la comparación se hace sobre una determinada longitud de onda y en este caso es preciso conocer la emisividad espectral o parcial correspondiente a la longitud de onda empleada.

En las tablas siguientes se dan las emisividades espectrales para algunos materiales y en la tabla se obtiene la temperatura verdadera partiendo de la temperatura aparente leída en el pirómetro óptico.



Raúl



PIROMETRO OPTICO

**MICROGRAFIA o METALOGRAFIA.** - La metalografía estudia al microscopio las fases, el tamaño de grano, el tamaño y las formas de las inclusiones metálicas y no metálicas de las aleaciones y de los metales en general.

La microestructura nos indica el tratamiento térmico y mecánico de los metales y puede predecir el comportamiento que tendrá, así mismo, nos revela las causas de las fallas de las mismas.

Para realizar un análisis metalográfico se deben seguir un número de pasos sencillos, que requieren de una práctica constante para obtener un adecuado análisis de las muestras. El paso final es obtener una superficie plana especular. Los pasos generales son los siguientes:

**OBTENCION DE LA MUESTRA.** - La obtención de la muestra es importante; si lo que se va a analizar es una falla, se escoge del área cercana a la falla y se compara con una área normal. Si el material es suave, se corta con segueta, si el material es duro se corta con un abrasivo adecuado que gira a alta velocidad. En todos los casos la muestra debe de mantenerse fría durante el corte.

**PULIDO GROSERO.** - La muestra debe tener un tamaño de tal manera que pueda maniobrarse, se coloca sobre lijas o discos abrasivos hasta que las rayas existentes del corte desaparezcan pasándoles de los abrasivos gruesos a los fines, siempre manteniéndola fría. En cada operación de pulido, la muestra se mueve en sentido perpendicular a las rayas existentes.

**MONTAJE.** - Las muestras que son pequeñas o incómodas para pulirse deben montarse en plásticos para facilitar el pulido intermedio y final. Los materiales plásticos que más se utilizan son la baquelita, en bases de tamaño uniforme, generalmente 2.5, 3 y 4 cm de diámetro. La lucita es otro plástico de uso común, es transparente y esto es útil para observar el área que se pule, o cuando se desea ver la muestra en la base.

Estos plásticos deben ser resistentes a los reactivos que se emplean posteriormente al pulido.

**PULIDO INTERMEDIO.**— La muestra después de montarse en plásticos se lleva a pulir en una serie de lijas con abrasivos más finos en forma secuencial. El abrasivo que se emplea primero es el número 1, luego (0), (00), (000). Generalmente se sigue la operación al pasar de una lija a otra, de girar la posición de la muestra y generalmente se hace en seco, aunque se emplean también refrigerantes.

**PULIDO FINAL.**— La fase final del pulido se lleva a cabo en discos giratorios húmedos cubiertos con telas o paños especiales y con abrasivos seleccionados, según el material a pulirse y el estudio metalográfico a realizar. Los abrasivos para pulido fino son óxido de aluminio para metales ferrosos y cobre; óxido de cerio para aluminio, magnesio, otros abrasivos son pasta de diamante, óxido de magnesio y óxido de cromo.

Los palos con que se cubren los discos van desde la seda, paño de billar, lana, terciopelo.

**ATAQUE QUIMICO.**— Para hacer visibles las características de las microestructuras del metal o aleación se realiza el ataque químico; debido al ataque de una o más fases, estas se ven reveladas; las fronteras de los granos.

Los reactivos utilizados son el nital, picral, cloruro férrico con ácido hidroclicórico, persulfato de amonio, ácido hidrofúorico etc.

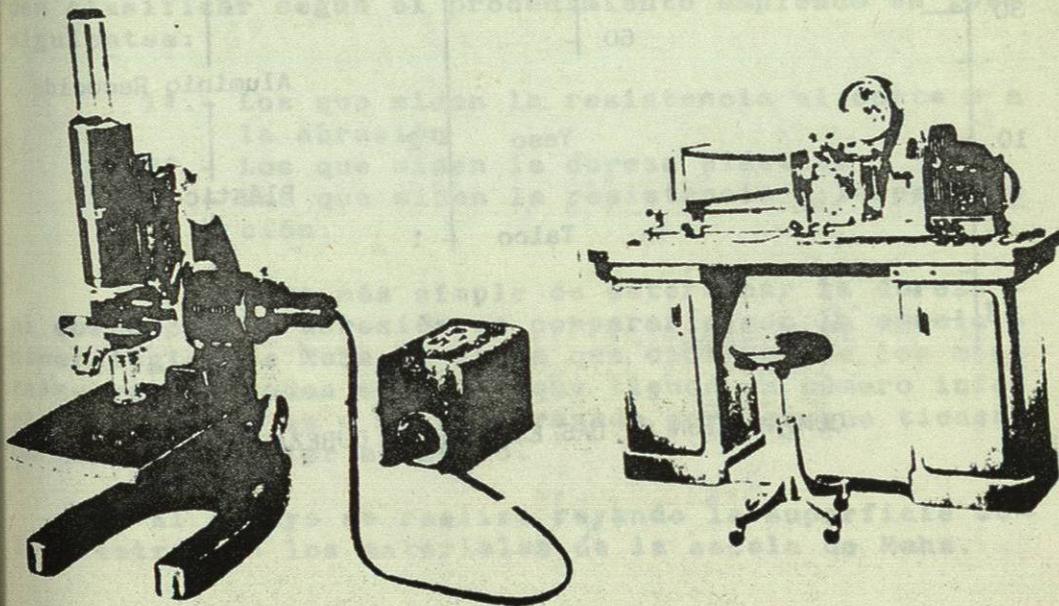
En general los reactivos para ataque metalográfico se componen de ácidos orgánicos e inorgánicos disueltos en agua, alcohol, glicerina, glicol, o mezclas de varios disolventes.

El metal se emplea en aceros al carbono para observar la perlita, para diferenciar la ferrita de la austenita.

El picral se emplea para todos los aceros con un tiempo de ataque de unos cuantos segundos a un minuto. El ácido hidrofúorico, se usa en aluminio y sus aleaciones frotándolo con algodón por 20 segundos.

**MICROSCOPIO METALOGRAFICO.**— Las muestras son opacas a la luz, por esto debe ser iluminada con luz reflejada. Un haz de luz horizontal que se produce en una lámpara es reflejada por medio de un vidrio plano hacia el objetivo del microscopio y sobre la superficie de la muestra se amplifica al pasar a través del objetivo y a través del vidrio plano, luego se ve amplificada otra vez al pasar por el ocular. El poder de amplificación se obtiene con los números de los objetivos y los oculares y con la longitud del tubo adecuado. La máxima ampliación de un microscopio óptico es de 2000X.

Mayor poder de resolución se obtiene en el microscopio eléctrico, que con lentes adicionales puede alcanzar hasta 2000 000X con casi los mismos pasos de preparación de la muestra y al llevarla a la observación se le hace una preparación adicional especial.



DUREZA

Se llama dureza a la resistencia que presentan los cuerpos a ser penetrados por otros. Esta característica se encuentra relacionada con las propiedades elásticas y plásticas de los materiales.

Si a un material determinado lo ensayamos rayando su superficie con una pieza afilada de dureza conocida, se dice que esa superficie es más dura que la pieza afilada, si ésta no consigue rayar la superficie de la probeta.

La dureza nos da una idea de otras propiedades mecánicas si se toma en cuenta que los tratamientos térmicos, el trabajo mecánico, el vaciado de la pieza pueden variar los valores de dicha dureza.

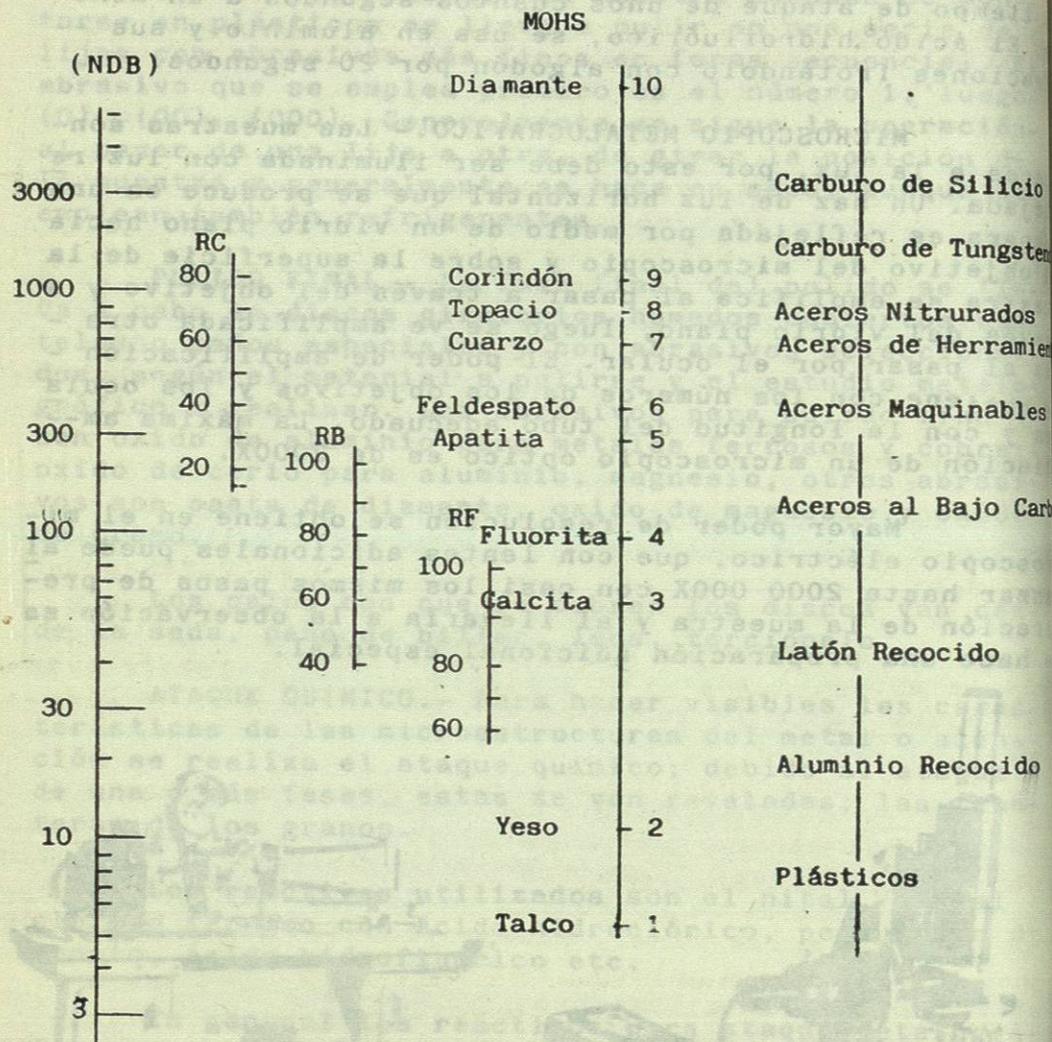
La dureza no es un término absoluto y al hablar de ella habrá que indicar el método para determinarla.

Existen muchos métodos de medición, que se pueden clasificar según el procedimiento empleado en los siguientes:

- 1º.- Los que miden la resistencia al corte o a la abrasión
- 2º.- Los que miden la dureza elástica
- 3º.- Los que miden la resistencia a la penetración.

La manera más simple de determinar la dureza al corte o a la abrasión es compararlo con la escala mineralógica de Mohs, y en la que cada uno de los minerales raya a todos aquellos que tienen un número inferior al suyo y es a su vez, rayado por los que tienen un número superior al mismo.

El ensayo se realiza rayando la superficie de la muestra con los materiales de la escala de Mohs.



COMPARACION DE LAS ESCALAS DE DUREZA

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| 1º.- Talco             | 2º.- Yeso                    |
| 3º.- Calcita           | 4º.- Fluorita (espato-fluor) |
| 5º.- Apatita           | 6º.- Feldespato (ortoclasa)  |
| 7º.- Cuarzo            | 8º.- Topacio                 |
| 9º.- Safiro (corindón) | 10º.- Diamante.              |

**ESCLEROSCOPIO.**- Por este método se utiliza el escleroscopio que mide la cantidad de energía que absorbe un material dentro de la zona elástica. El aparato mide la altura de rebote de un pequeño martinete que en la punta lleva un diamante y cae desde una altura determinada sobre la superficie que se va a ensayar. El aparato lleva un cuadrante indicador en el que se registra la altura de rebote del martillo. La energía potencial del martinete se convierte en energía cinética hasta el momento de incidir sobre la superficie, ese instante parte de la energía lo absorbe el material y el resto es la altura del rebote.

**DUREZA A LA PENETRACION.**- Por este método se prueban materiales bajo cargas determinadas y penetradores conocidos. Los ensayos más utilizados son:

- 1º.- Brinell, 2º.- Rockwell, 3º.- Vickers.

El ensayo brinell consiste en medir el área de una superficie esférica de la huella dejada en la probeta por una bola de acero endurecida de un diámetro de 10 mm. aplicada durante un tiempo de 15 segundos para el hierro y el acero, y de 30 segundos para los metales blandos, la carga es de 300 kgs. para el hierro y el acero, y de 500 kilos para metales blancos (aleaciones de aluminio, latón, bronce, etc.).

Para calcular el área se mide el diámetro aparente de la huella por medio de un microscopio, que lleva un calibrador, con una aproximación de 1/20 de mm. Estos datos se aplican en la siguiente fórmula.

$$BHN = \frac{L}{\frac{\pi \times D}{2} \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

Generalmente no se requiere hacer el cálculo, ya que existen tablas para convertir el diámetro de la huella observada al número de dureza brinell.

Si el material es muy duro se usa una bola de carburo de tungsteno, para llegar a durezas de 650 brinell.

**ENSAYO ROCKWELL.**- El método más empleado -- por la rapidez de su operación. Consiste en medir la penetración de un diamante cónico ó de una bola de acero (de distintos diámetros) bajo una carga determinada

Al iniciar la prueba se aplica una carga de 10 kilos y se pone a cero el indicador, después se aumenta la carga hasta el valor máximo fijado para la prueba y se lee en la escala correspondiente del indicador el número de dureza rockwell.

El disco indicador está fijo en la máquina, -- justo sobre el vástago al que se adapta el penetrador -- mediante un enlace mecánico, cualquier movimiento vertical del penetrador se traduce en una rotación de la aguja del indicador.

Lleva grabadas 2 series de números, una en color rojo y otra en negro, los rojos son para la escala RB y también para las demás escalas que emplean bolas diferentes de la de 1/16 de pulgada. Los números negros son para la RC y los demás que emplean el penetrador de diamante.

Los penetradores de bola de acero son de 1/16, 1/8, 1/4, 1/2 de pulgada de diámetro y un penetrador cónico de diamante de 120º.

Generalmente las cargas mayores son de 60, 100, 150 kilos en rockwell normal y de 15, 30 y 45 kilos en rockwell superficial.

Las escalas más empleadas son la B (carga de 100 kilos y bola de 1/16 pulgada) y la C (carga de 150

## RESISTENCIA A LA TENSION

kilos y penetrador de diamante).

**ENSAYO VICKERS.**- El principio es similar al del método brinell. En el método vickers el penetrador es una pirámide de diamante de base cuadrada y con ángulo en el vértice de 136°.

El número de dureza vickers se obtiene dividiendo la carga aplicada en kilogramos por el área de la impresión dejada por la pirámide. Las cargas que se aplican durante 30 segundos está entre 1 y 10 kilos. Generalmente se emplean cargas de 50 kilos. Para materiales blandos ó delgados se utilizan 5 kilos. La longitud de la diagonal de la huella se mide por medio de un microscopio ocular en milésimas de mm.

Estos datos se aplican a la fórmula.

$$D.P.H. = \frac{1,854 L}{d^2}$$

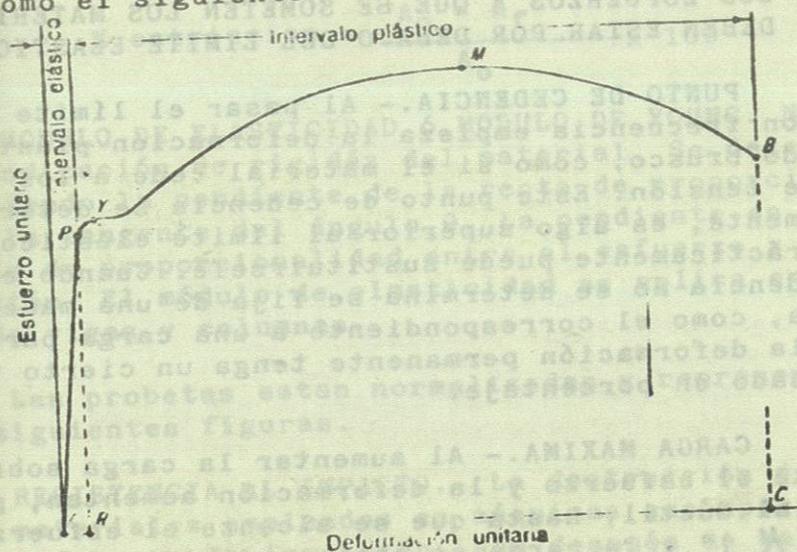
Medidas para efectuar los ensayos de dureza. Para realizar cualquier ensayo de dureza se deben tomar precauciones para obtener la mayor exactitud. Los factores que influyen para esto son los siguientes:

- Estado del penetrador
- La exactitud de la carga aplicada
- Aplicación rápida de la carga
- Superficie de la muestra
- Espesor y forma de la muestra
- Localización de las impresiones
- Uniformidad del material.

Todos los ensayos de dureza pueden convertirse de uno a otro y se para el caso de los aceros a la resistencia a la tensión.

Para determinar ciertas propiedades mecánicas, se realiza el ensayo de tensión. La probeta con dimensiones normalizadas se coloca en la máquina de prueba se le somete a una carga axial por medio de un sistema de palancas, mecánica o hidráulica. La fuerza se indica en la carátula de un indicador. Conociendo el área transversal de la probeta, se calcula el esfuerzo desarrollado a cualquier carga. La deformación o alargamiento se mide por medio de un extensómetro. La deformación unitaria se obtiene dividiendo el alargamiento medido entre la longitud marcada en la probeta. La resistencia a la tensión es el esfuerzo máximo de tensión que puede resistir un material antes de romperse.

Cuando se realiza el ensayo se obtiene un diagrama como el siguiente:



GRAFICA ESFUERZO DEFORMACION DE UN ACERO DUCTIL

Las propiedades que se determinan en el ensayo de tensión son

**LIMITE DE PROPORCIONALIDAD.**- El material al aplicarse la carga, se deforma, proporcionalmente al esfuerzo. Si dejamos de aplicar la carga, el material

recobra rápidamente su forma original y su forma es una recta OP. El esfuerzo en el límite del punto P se le llama límite de proporcionalidad.

**LIMITE ELASTICO.**- Al aplicarse la carga, si esta se retira y el extensómetro regresa a cero, nos indica que la deformación que se produjo es elástica; cuando al aplicarse la carga y se revisa el extensómetro, se llegara a un punto tal que la aguja no regresa a cero; esto nos indica que el material tiene ahora una deformación permanente. El límite elástico se define como el esfuerzo mínimo en el que se tiene la primera deformación permanente. Para la mayoría de los metales estructurales, el límite de proporcionalidad y el límite elástico tienen casi el mismo valor.

**LOS ESFUERZOS A QUE SE SOMETEN LOS MATERIALES DEBEN ESTAR POR DEBAJO DEL LIMITE ELASTICO.**

**PUNTO DE CEDENCIA.**- Al pasar el límite elástico, con frecuencia empieza la deformación plástica de un modo brusco, como si el material cede a los esfuerzos de tensión. Este punto de cedencia se determina fácilmente, es algo superior al límite elástico, aunque prácticamente puede sustituirse. Cuando el punto de cedencia no se determina se fija de una manera arbitraria, como el correspondiente a una carga para la cual la deformación permanente tenga un cierto valor, expresado en porcentaje.

**CARGA MAXIMA.**- Al aumentar la carga sobre la probeta el esfuerzo y la deformación aumentan, para un material dúctil, hasta que se alcanza el esfuerzo máximo ( $M$ )° y la carga se obtiene dividiendo el esfuerzo máximo, entre el área transversal de la probeta original. Un material frágil se rompe cuando llega al esfuerzo máximo, en cambio el material dúctil continúa deformándose.

**CARGA DE RUPTURA.**- En un material dúctil, esto se sigue alargando, disminuyendo la carga conforme el área decrece. Esta deformación no es uniforme y ocurre

rápido hasta el punto en que el material se rompe. La resistencia a la ruptura se obtiene al dividir la carga de ruptura entre el área de la probeta original, es menor que la resistencia máxima. Para un material frágil, la carga máxima y la de ruptura coinciden.

**DUCTILIDAD.**- Se determina por la cantidad de deformación que soporta hasta que se rompe la probeta.

Las partes de la probeta se juntan después de la ruptura y se mide la distancia entre las marcas que se le habían hecho a la probeta antes de la prueba para dar:

$$\% \text{ de elongación} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100$$

También se juntan las partes de la probeta y se mide el área transversal mínima y se aplica la fórmula:

$$\% \text{ estricción} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

**MODULO DE ELASTICIDAD ó MODULO DE YOUNG.** Nos da una indicación de rigidez del material. Se determina conociendo la pendiente de la recta de proporcionalidad o la tangente del ángulo  $\theta$ . La pendiente es la constante de proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación. El módulo de elasticidad se aplica en el diseño de vigas y columnas.

Las probetas estan normalizadas y representan en las siguientes figuras.

**RESISTENCIA AL IMPACTO.**- La destrucción de ciertos materiales empleados en máquinas que operan sometidas a fuerzas de impulsión, aún después de haberse sometido a pruebas de tensión y dar resultados satisfactorios, se llevan a ensayo de percusión para descubrir los materiales propensos a la fractura por choque. La resistencia es la propiedad contraria a la fragilidad, o sea la propiedad por la que los cuerpos se oponen a la rotura por choque.

La prueba de impacto consiste en hacer una entalla en la probeta, sujetarla en la máquina de prueba