



Manual de operación

Alineación de los ejes de una máquina pulidora CNC ZEEKO IRP 100

Pedro Cebrian Xochihuila
Neil Charles Bruce Davidson
Martha Rosete Aguilar
Carlos Jesús Román Moreno

28 de noviembre del 2022

Proyecto interno

Alineación de los ejes de una máquina pulidora CNC ZEEKO IRP 100

Pedro Cebrian Xochihuila, Neil C. Bruce Davidson, Martha Rosete Aguilar, Carlos Jesús Román Moreno.

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT-UNAM), Departamento de Óptica, Microondas y Acústica, Instrumentación óptica.

Resumen

La etapa de pulido de superficies ópticas es una de las más críticas en el proceso de fabricación de estas componentes, pues en este proceso, la superficie fabricada deberá alcanzar la calidad óptica requerida de acuerdo con los parámetros de su diseño. Las máquinas pulidoras de Control Numérico por Computadora (CNC) trabajan mediante sistema de coordenadas, por lo que es importante garantizar que los ejes de la *Superficie* y la *Herramienta* estén correctamente alineados, de lo contrario, la superficie fabricada tendrá características distintas a las requeridas. En este trabajo se describe el método utilizado para alinear los ejes de una máquina pulidora CNC de marca comercial ZEEKO modelo IRP 100, el método consiste en fijar el eje de la *Herramienta*, y sobre este, rotar el eje de la *Superficie* con un palpador micrométrico de por medio para determinar los ajustes que deberán hacerse al eje de la *Superficie* para lograr que ambos ejes queden alineados. La precisión alcanzada en la alineación de los ejes es de 12.7 micrómetros.

Índice

Nomenclatura

Introducción

1	Máquina pulidora CNC ZEEKO IRP 100	8
1.1	Encendido de la pulidora CNC	8
1.2	Verificación de la alineación de los ejes.	11
1.3	El problema de la desalineación de los ejes.....	14
2	Proceso de alineación de los ejes	18
2.1	Propuesta del método para la alineación de los ejes.....	18
2.2	Desarrollo experimental del proceso de alineación.....	20
2.3	Registro de las nuevas coordenadas.	22
	Comentarios finales	24
	Bibliografía.....	24

Nomenclatura

<i>Símbolo</i>	<i>Significado</i>
<i>CNC</i>	<i>Control Numérico por Computadora</i>
<i>in</i>	<i>Pulgadas</i>
<i>mm</i>	<i>Milímetros</i>
<i>USB</i>	<i>Universal Serial Bus</i>
λ	<i>Lamda en nanómetro</i>
μm	<i>Micrómetros</i>

Introducción.

La etapa de pulido de superficies ópticas es sin duda una de las tareas más críticas en el proceso de fabricación de estos elementos, ya que dichas superficies deben alcanzar la calidad óptica requerida de acuerdo con los parámetros de su diseño. Si las superficies tienen como propósito ser sistemas formadores de imagen, entonces, estas deberán ser de alta calidad óptica, es decir, las deformaciones en la superficie deberán ser del orden de unas fracciones de la longitud de onda λ de la fuente de iluminación utilizada.

Actualmente existen dos formas de realizar el proceso de pulido: la primera de ellas es mediante el método de *Pulido tradicional*, donde el proceso es en cierta forma manual y la segunda es mediante técnicas de *Control Numérico por Computadora* (CNC), donde todo el proceso es automatizado.

En la máquina de pulido tradicional la posición de los ejes de la *Superficie* y la *Herramienta* están colocados verticalmente y no necesariamente deben estar alineados (Fig. 1), es decir, la posición de los ejes se fija manualmente de acuerdo con el trabajo específico que se desea realizar sobre cierta zona de la superficie óptica que se desea fabricar. Comúnmente en este tipo de máquinas el eje de la *Superficie* se encuentra en la parte inferior y tiene movimiento de rotación con velocidad ajustable. En la parte superior se encuentra el eje de la *Herramienta*, este tiene movimiento oscilatorio generado a través de un brazo mecánico con movimiento excéntrico, además de la oscilación, la *Herramienta* también tendrá movimiento de rotación como consecuencia de la fricción generada por el contacto con la *Superficie* a través de un abrasivo de por medio entre ellas. La principal característica de esta máquina es que sólo se pueden fabricar superficies ópticas con simetría de revolución debido a que los ejes están limitados a los movimientos descritos anteriormente.

Por otra parte, en las máquinas CNC, la posición de los ejes puede ser vertical u horizontal y deben estar alineados correctamente uno respecto al otro antes de comenzar cualquier proceso de pulido, particularmente en el modelo IRP 100 de marca comercial ZEEKO, los ejes se encuentran colocados horizontalmente (Fig. 2).

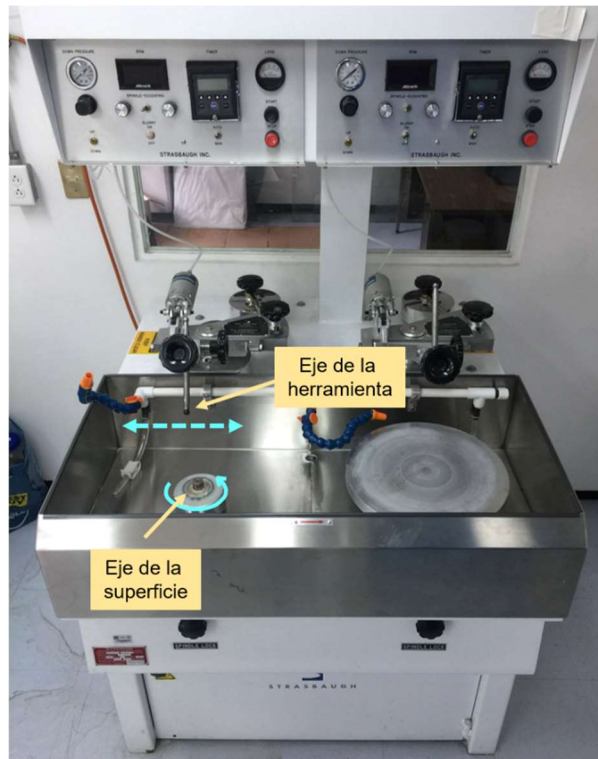


Figura 1. Máquina de pulido tradicional de marca comercial STRASBAUGH.

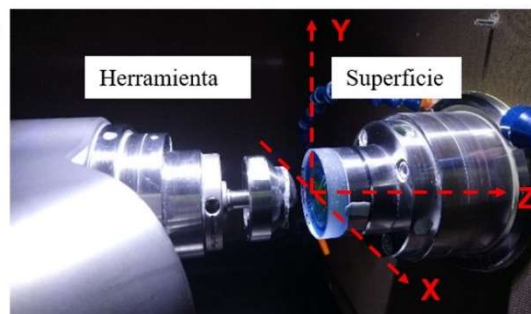
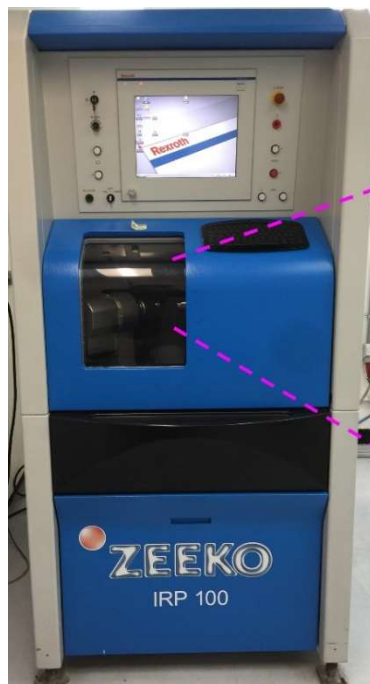


Figura 2. Máquina pulidora CNC de marca comercial ZEEKO modelo IRP 100.

Una vez que se inicia el proceso de pulido, el eje de la *Superficie* puede tener movimientos con desplazamientos en las direcciones XYZ y además tener movimiento de rotación, por otra parte, el eje de la *Herramienta*, solo tiene movimiento de inclinación en las direcciones XY y movimiento de rotación. El movimiento de los ejes en el proceso de pulido estará determinado por el programa que ejecuta la pulidora CNC, este programa es simulado y creado previamente en una interfaz desarrollada en el ambiente de MATLAB misma que es externa a la máquina como complementos del equipo. Una vez creado el programa de pulido en la interfaz, este se pasa a la CNC por medio de una memoria USB para dar inicio al proceso de pulido. Por esta razón, se debe garantizar que los ejes estén alineados correctamente antes de iniciar cualquier proceso de pulido.

A diferencia de la máquina de pulido tradicional, en la CNC además de pulir superficies con simetría de revolución, también se pueden fabricar superficies de *forma libre* debido a que el área de contacto de la *Herramienta* con la *Superficie* es aproximadamente 5 mm de diámetro y el proceso de pulido se hace por coordenadas en zonas específicas de la *Superficie*.

El Laboratorio Universitario de Fabricación de Equipos Ópticos (LUFABEO) del Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT) de la UNAM, cuenta con una máquina de pulido tradicional de marca comercial Strasbaugh y con una máquina pulidora CNC de marca comercial ZEEKO modelo IRP 100 para desarrollar la fabricación de componentes ópticas orientadas al apoyo de la docencia y la investigación que se desarrolla dentro y fuera del instituto.

1 Máquina pulidora CNC ZEEKO IRP 100

El modelo IRP 100 de la marca comercial ZEEKO, permite fabricar superficies ópticas con diámetro máximo de 100 mm, y las superficies puede ser con simetría de revolución o superficies de forma libre. Actualmente se está iniciando el proceso de pulido con la máquina CNC, sin embargo, en algunas ocasiones presenta un problema de desalineación de sus ejes *Superficie* y *Herramienta*, por ahora se desconocen las causas que lo originan, pero este problema debe ser resuelto antes de comenzar cualquier proceso de pulido o de lo contrario la forma final de la superficie óptica fabricada tendrá características diferentes a la requeridas.

1.1 Encendido de la pulidora CNC

Para el encendido correcto de la máquina, se deben realizar los siguientes pasos en el orden que se describen a continuación:

1. Abrir la llave de paso de aire del compresor (Fig. 3a).
2. Subir la palanca del interruptor de seguridad de corriente eléctrica (Fig. 3b).
3. Girar la perilla *MAIN ISOLATOR* en sentido a las manecillas del reloj a la posición *ON* (Fig. 3c).
4. Abrir el programa *IndraWorks Operation* dando doble clic sobre el icono que se encuentra en la pantalla táctil de la computadora (Fig. 4).
5. Presionar el botón *E-Stop* (botón rojo) y soltarlo girando ligeramente en el sentido de las manecillas del reloj (Fig. 5a).
6. Dar clic en el botón *Reset* sobre la pantalla táctil (Fig. 5b).
7. Oprimir el botón *Cycle start* (Fig. 5c).
8. Oprimir el botón *Drives on* (Fig. 5d).
9. Girar la llave que se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla al modo *Manual* (Fig. 5e).
10. Pulsar el botón *Manual* sobre la pantalla táctil (Fig. 6a).
11. Oprimir el botón *ON* en la sección *Main air* sobre la pantalla (Fig. 6b).
12. Cerrar la compuerta del pulidor que se encuentra en la parte inferior de la máquina.



Figura 3. Pasos para el encendido de la máquina, (a) Llave de paso para el aire del compresor, (b) Interruptor de corriente eléctrica y (c) Perilla de encendido y apagado de la máquina CNC.



Figura 4. Programa IndraWorks Operation para el proceso de pulido y control de los ejes de la máquina.

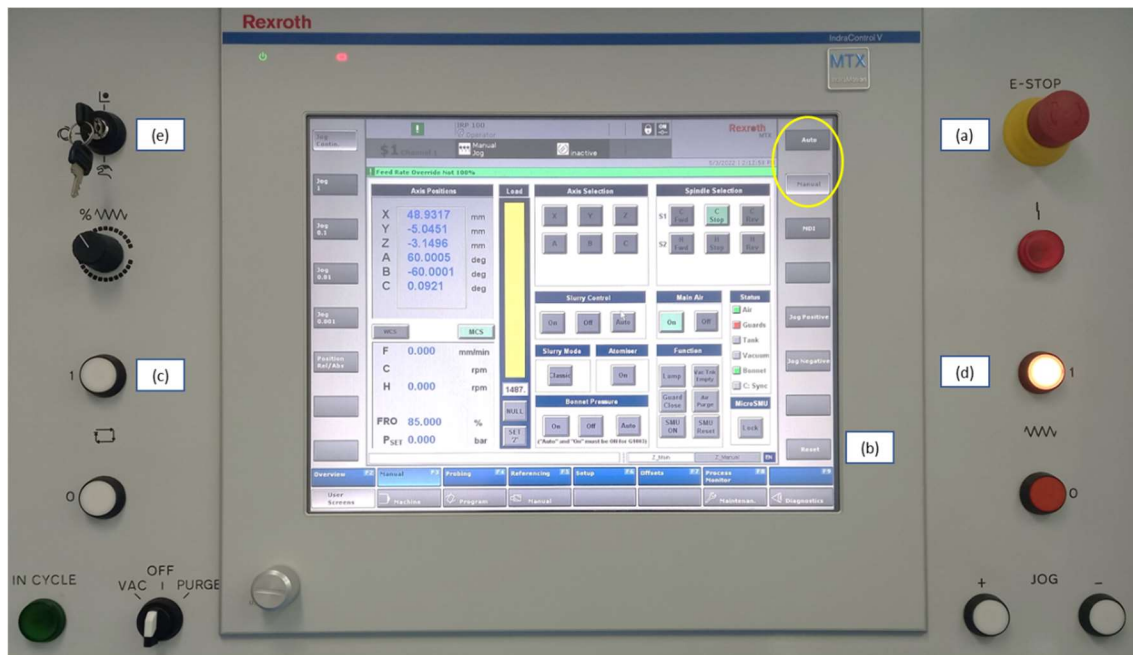


Figura 5. Pasos para el arranque de la máquina dentro del programa IndraWorks Operation, (a) E-Stop, (b) Reset, (c) Cycle start, (d) Drives on y (e) Llave para cambiar la operación de la máquina del modo Automático a modo Manual.

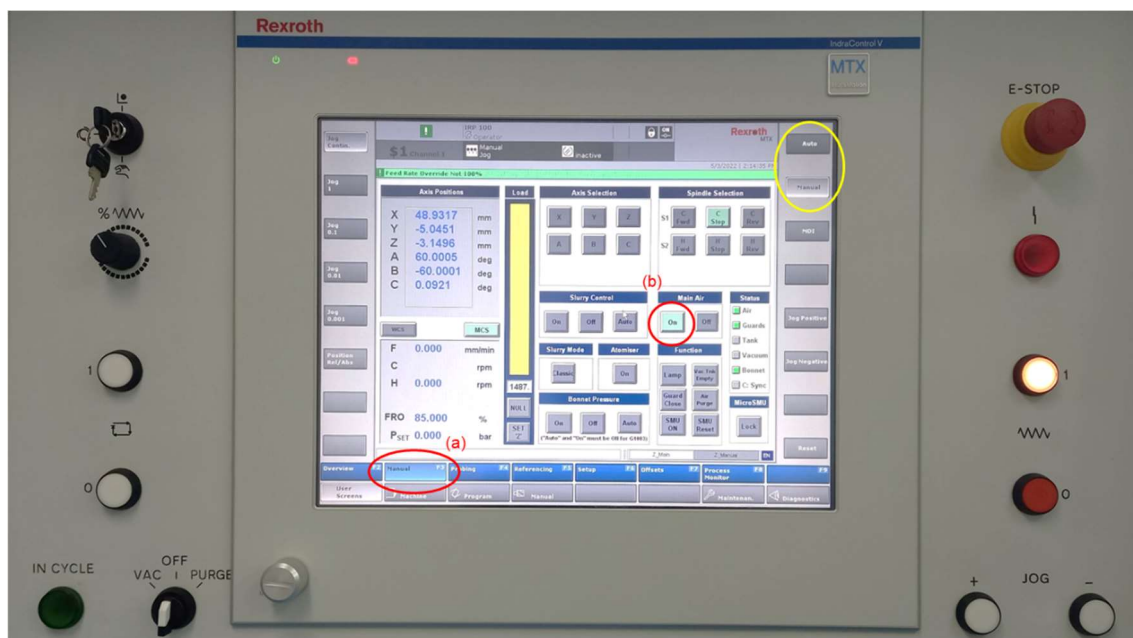


Figura 6. Modo manual para permitir el acceso del aire del compresor a la máquina. (a) Modo manual, (b) On Main Air, (c) Indicadores del suministro de aire y la compuerta inferior de la máquina.

Cada vez que cambiemos con la llave el modo de operación de la máquina, ya sea de *Automático* a *Manual* o viceversa, el modo se reflejará al encender cualquiera de los dos cuadros que se encuentran en la parte superior derecha de la pantalla táctil como se muestra en las figuras 6. También es importante que nos cercioremos que el botón *ON* de la sección *Main Air* este encendido, así como también en la sección de estatus estén en color verde los indicadores de *Air*, *Guard* y *Reset*, esto significará que la máquina se ha encendido y preparado correctamente para funcionar adecuadamente, concluidos los pasos anteriores en el orden que se describen, la máquina pulidora estará lista para cualquier acción que se desee realizar.

1.2 Verificación de la alineación de los ejes.

Como ya se había mencionado anteriormente, antes de iniciar cualquier trabajo de pulido, debemos asegurarnos que los ejes de la máquina se encuentren alineados correctamente, para este propósito, la máquina cuenta con un programa predeterminado llamado *Home Position*, que al ejecutarlo, ambos ejes deberían posicionarse en su respectivo origen de coordenadas y a su vez quedar alineados automáticamente como se muestra en la figura 7.

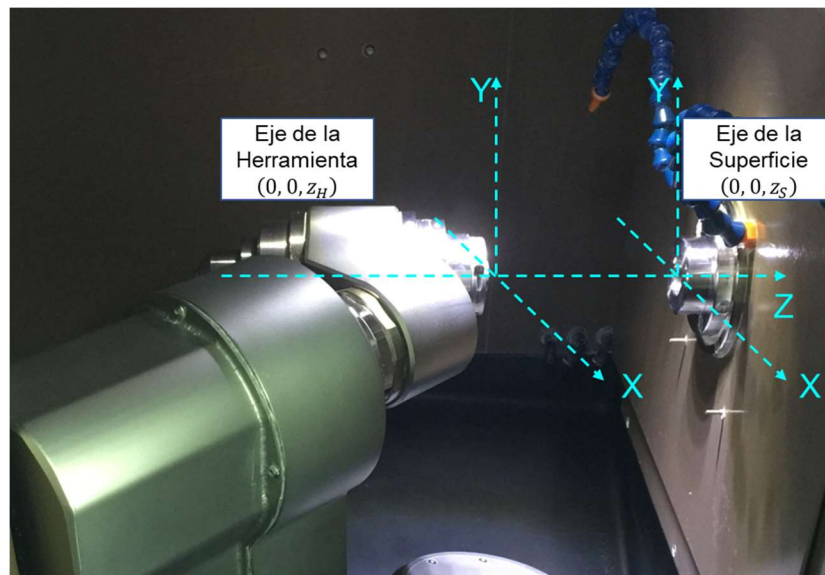


Figura 7. Ejes alineados correctamente considerando que el eje Z es el mismo para ambos, de manera que las coordenadas serán $(0, 0, z_H)$ para el eje de la Herramienta y $(0, 0, z_S)$ para el eje de la superficie respectivamente.

De manera que las coordenadas para el eje de la *Herramienta* son $(0, 0, z_H)$ y para el eje de la *Superficie* son $(0, 0, z_S)$, es decir, los ejes Z para ambos, deben ser paralelos y estar sobre una misma línea recta.

Para acceder al programa *Home Position*, después de haber encendido correctamente la máquina como se describió en la sección anterior, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Encender la lámpara interna dando clic en botón *Lamp* sobre la pantalla táctil (Fig. 8).
2. Cambiar la máquina al modo *Automático* con la llave (Fig.9a).
3. Dar clic al botón *Machine* sobre la pantalla táctil (Fig.9b).
4. Dar clic sobre el botón *Utility Program* sobre la pantalla táctil (Fig.9c).
5. Dar clic sobre el botón *Home Position* sobre la pantalla táctil (Fig.10a).
6. Oprimir el botón *Cycle Start* localizado al lado izquierdo de la pantalla táctil (Fig.10b).

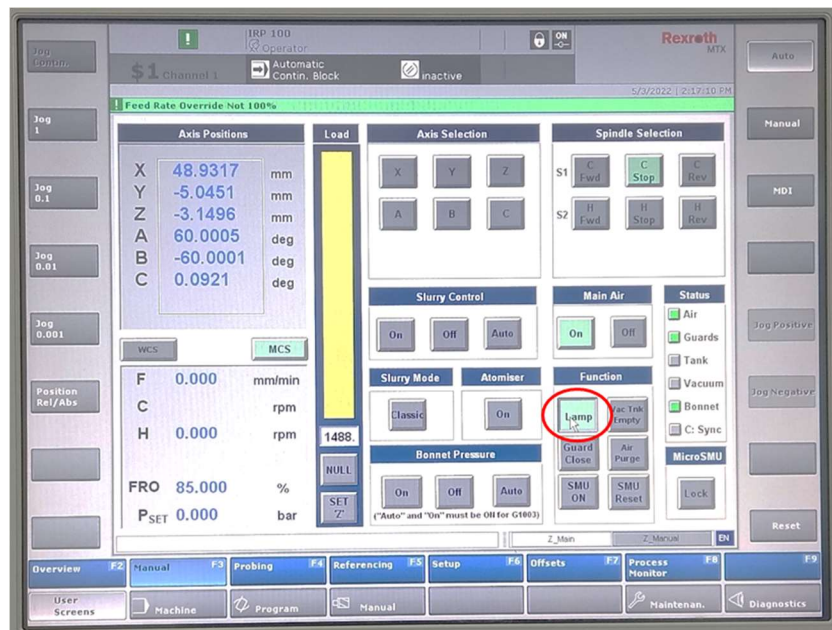


Figura 8. Encendido de la lámpara interna para iluminar el área de trabajo de los ejes de la máquina.

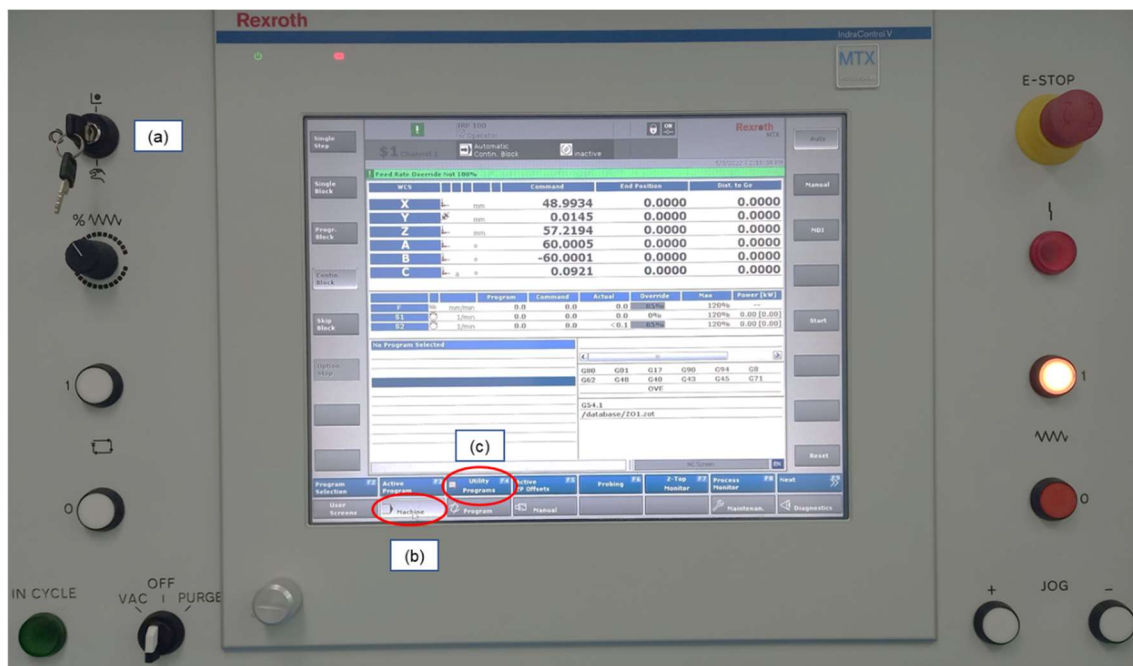


Figura 9. Pasos para acceder al programa predeterminado Home Position de la máquina.

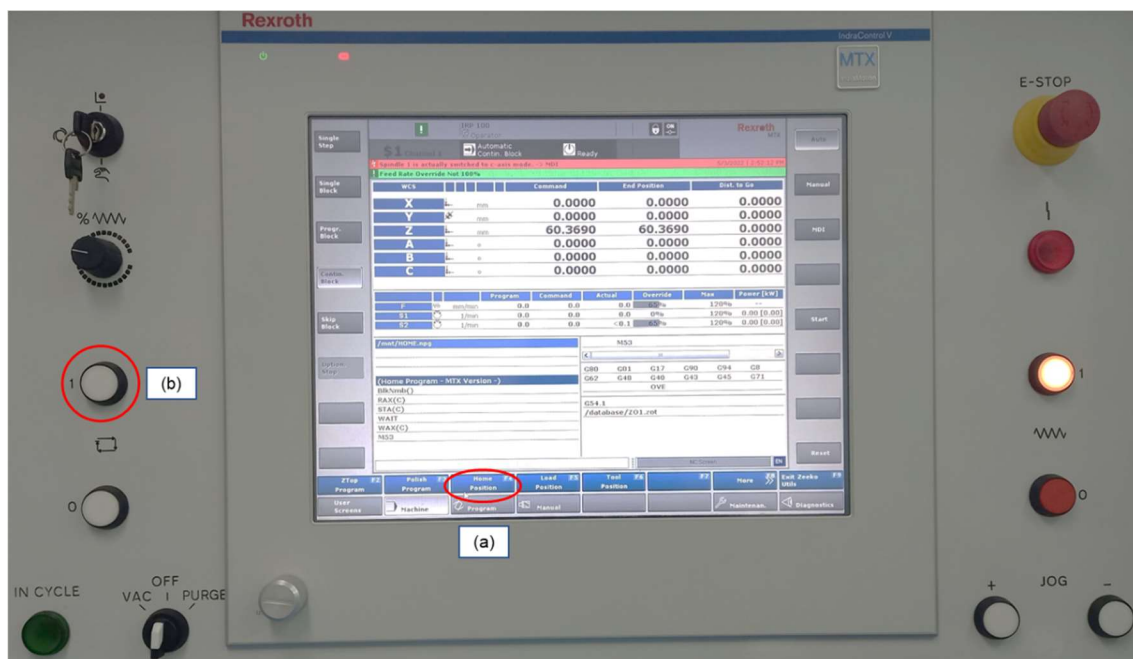


Figura 10. Ejecución del programa Home Position para trasladar los ejes a sus coordenadas.

Si existe una desalineación del orden de algunos milímetros, esta podría percibirse a simple vista, pero si es inferior, entonces no podremos observarla y se deberá utilizar algún instrumento con precisión del orden micrómetros para poder medirla.

1.3 El problema de la desalineación de los ejes.

En algunas ocasiones, después de ejecutar el programa *Home Position* encontramos una desalineación de los ejes que se puede notar a simple vista como se muestra en la figura 11, hasta ahora, se desconocen las causas que originan este problema, sin embargo, deberá ser resuelto antes de realizar cualquier trabajo de pulido.

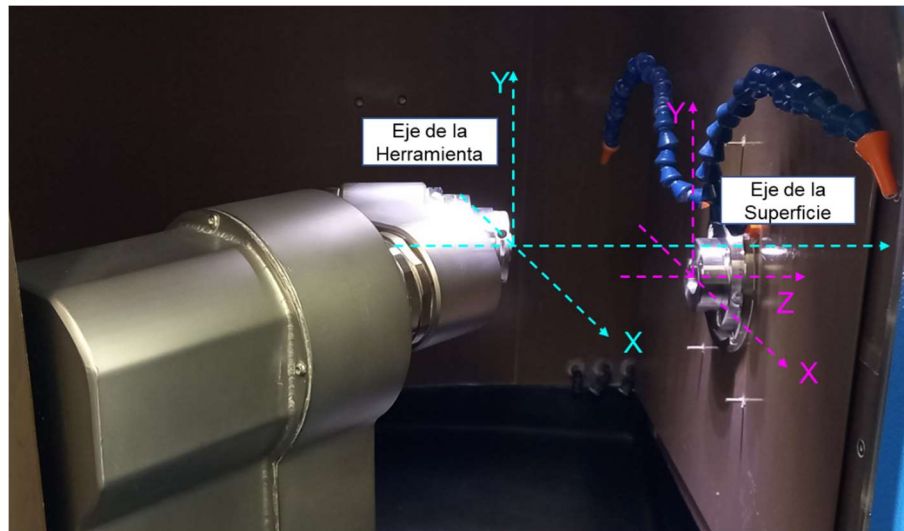


Figura 11. Desalineación de los ejes de la Superficie y de la Herramienta.

También podría darse el caso en que la desalineación no sea perceptible a simple vista, entonces, debemos acercar el eje de la *Superficie* al eje de la *Herramienta* y utilizar un palpador que se mueva alrededor del eje de la *Herramienta* a través del movimiento de rotación del eje de la *Superficie*. Para realizar esta tarea, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Regresar al modo *Manual* con la llave (Fig.12a).
2. Dar clic sobre el botón *Manual* en la pantalla (Fig.12b).

3. Dar clic sobre el botón Z que se encuentra en la sección *Axis Selection* en la pantalla (Fig.13a).
4. Acercar suficientemente el eje de la *Superficie* pulsando continuamente o en repetidas ocasiones el botón + que se encuentra en la sección *JOG*, localizado en la parte inferior derecha a un costado de la pantalla (Fig.13b).
5. Fijar la montura del palpador al eje de la *Superficie* y colocar el palpador de manera que la punta haga contacto con eje de la *Herramienta* (Fig.14).
6. Dar clic sobre el botón C en la pantalla (Fig.15a).
7. Pulsar el botón + de la sección *JOG* para rotar el palpador al rededor del eje de la Herramienta en el sentido de las manecillas del reloj, o bien, pulsar el botón – para rotar el palpador en sentido contrario (Fig.15b).

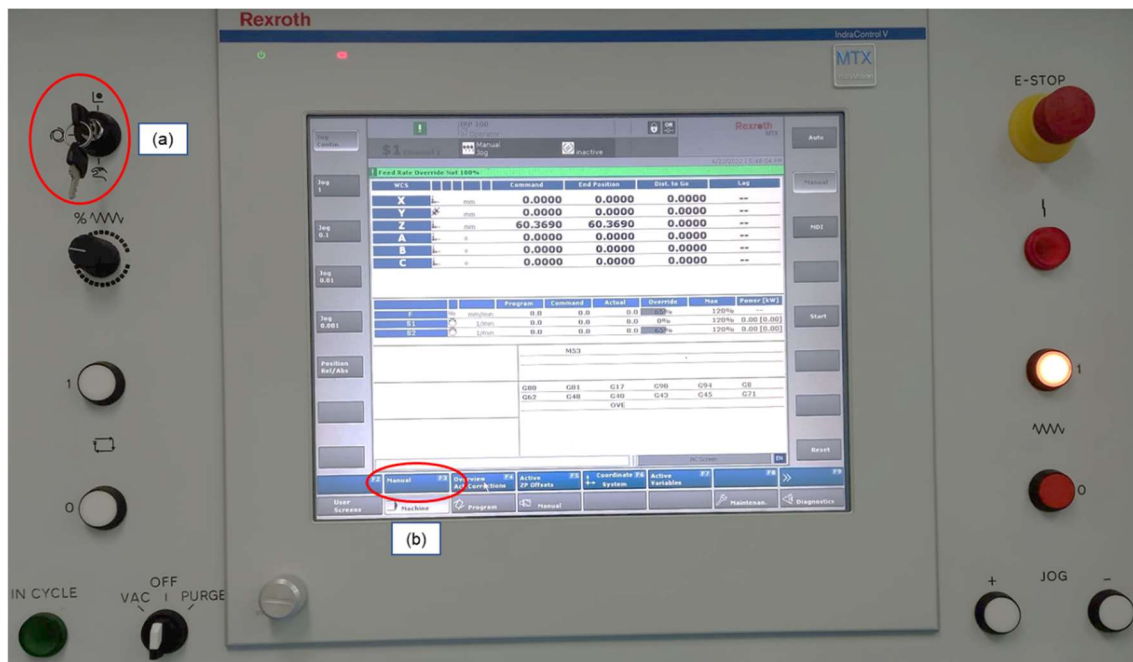


Figura 12. Regreso al modo manual de la máquina. (a) Llave para cambiar el modo de operación de la máquina, (b) Botón para cambiar al modo manual los controles en la pantalla táctil.

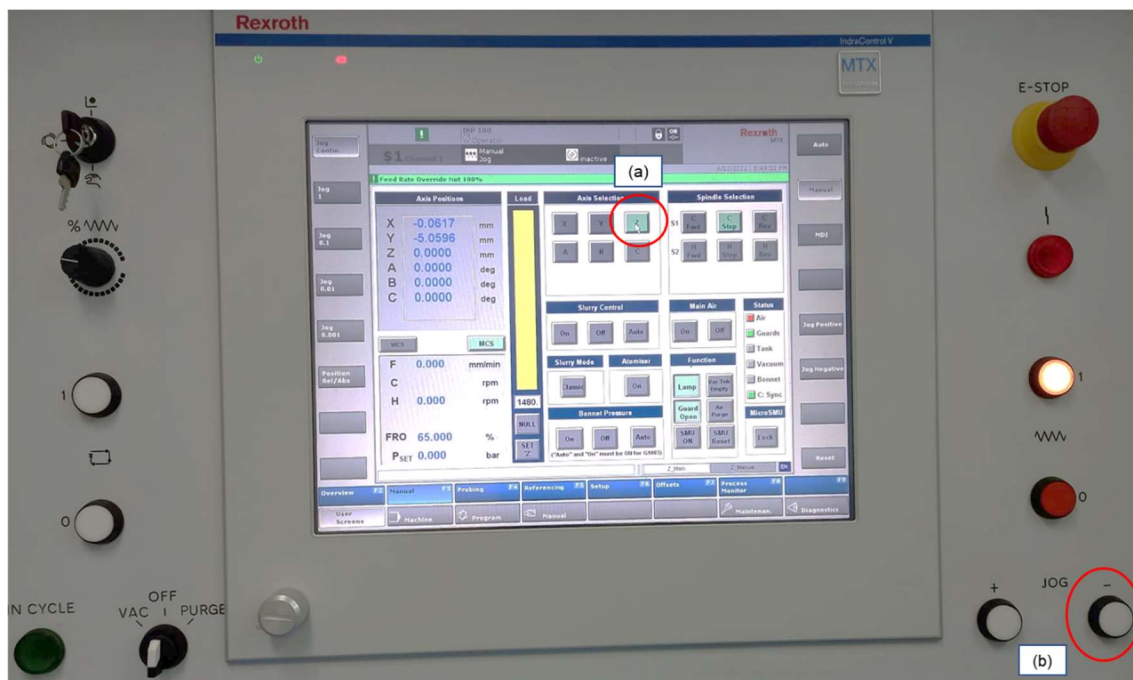


Figura 13. Acercamiento del eje de la Superficie.



Figura 14. Colocación del palpador para verificar la alineación de los ejes.

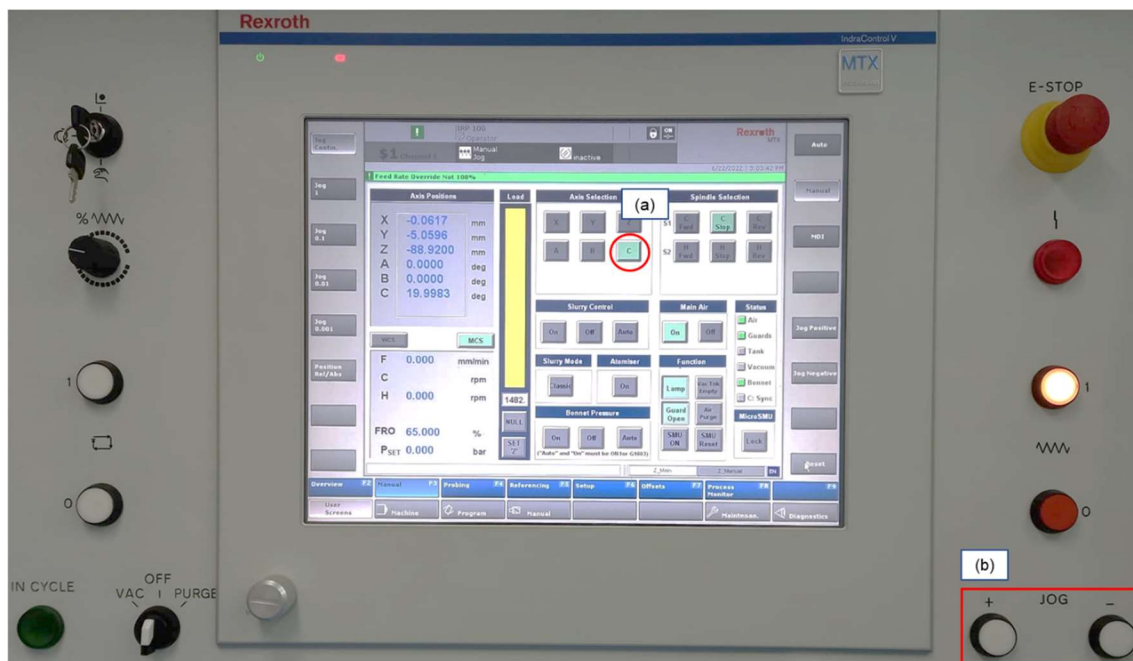


Figura 15. Rotación del eje de la Superficie para determinar si existe desalineación. a) Botón para elegir el movimiento de rotación del eje de la Superficie, b) Botones para rotar el eje de la Superficie, + sentido en contra a las manecillas del reloj, – sentido en dirección a las manecillas del reloj.

En caso de que los ejes estén alineados correctamente, al rotar el palpador, la aguja indicadora se mantendrá aproximadamente en la misma posición sobre la escala, por el contrario, si la aguja tiene movimiento sobre la escala del palpador, es indicativo de que los ejes están desalineados.

2 Proceso de alineación de los ejes

Si los ejes están desalineados, significa que sus centros no se encuentran sobre una misma línea recta en la dirección Z, de manera que, en una perspectiva donde un observador se coloca detrás del eje de la herramienta (sobre el eje Z), este observará la desalineación como se muestra en la figura 16b.

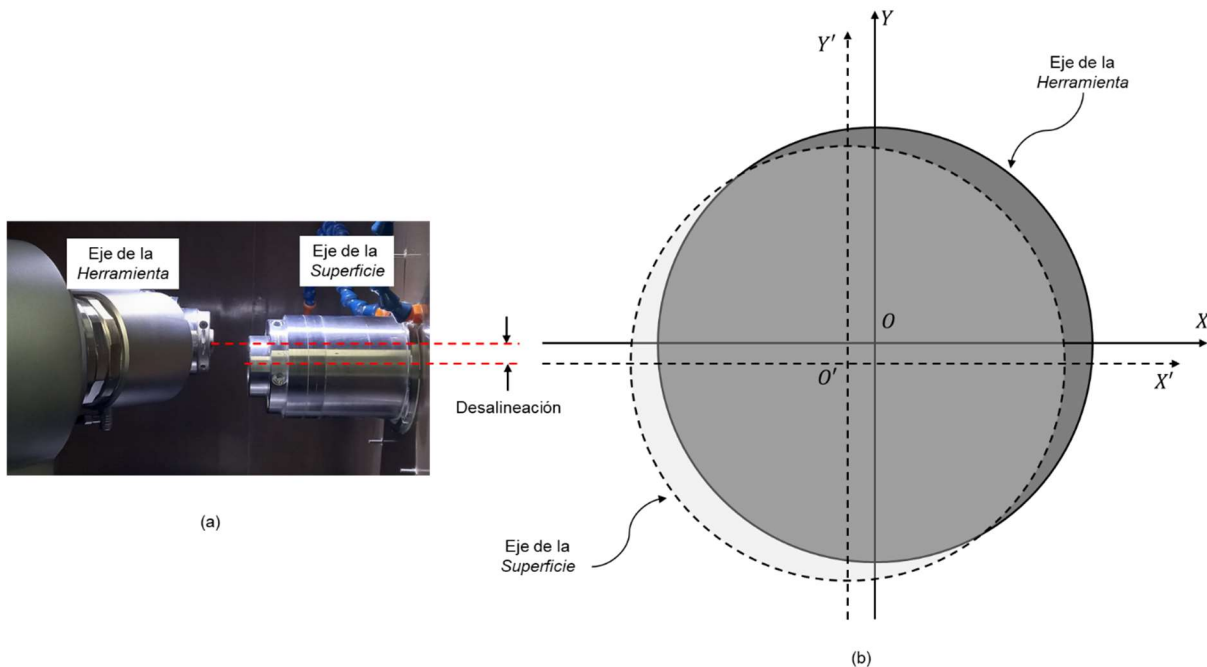


Figura 16. Desalineación de los ejes. (a) Vista frontal, (b) Bosquejo de la perspectiva de un observador colocado detrás del eje de la Superficie.

2.1 Propuesta del método para la alineación de los ejes.

Como primer paso, alineamos ambos ejes en la dirección Y, es decir, los ejes deberán ser paralelos y sobrepuestos uno respecto al otro, esto se logra cuando la punta del palpador se sitúa en los puntos contrarios extremos en la dirección X sobre el eje de la Herramienta y la lectura de la aguja en la escala del palpador sea la misma tal como se muestra en la figura 17.

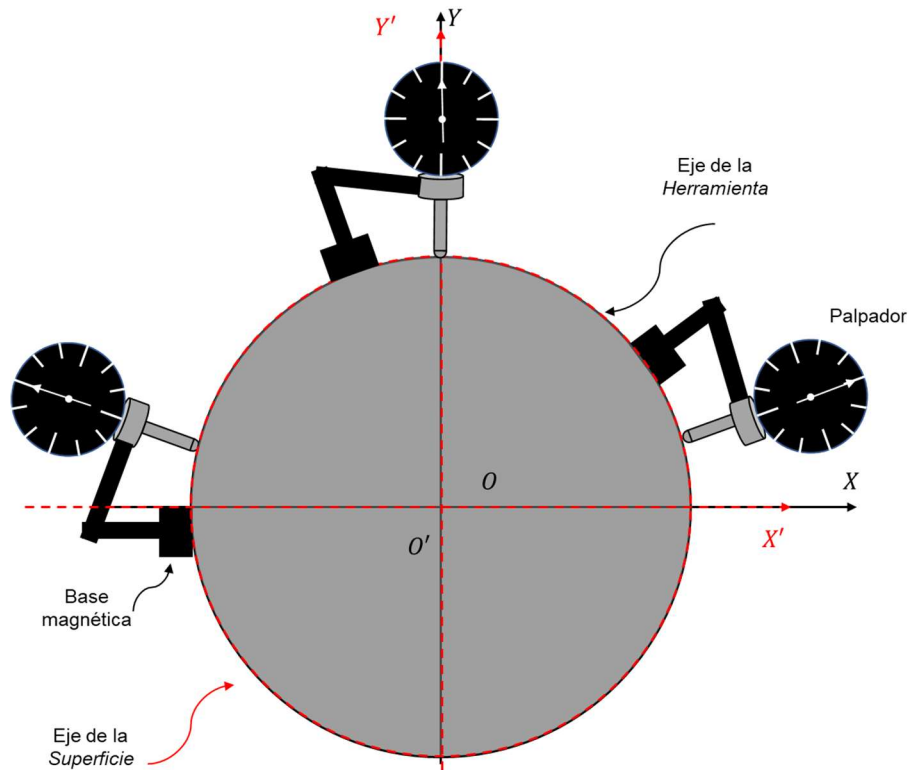


Figura 18: Alineación correcta de los ejes.

2.2 Desarrollo experimental del proceso de alineación.

Para la alineación de los ejes, se utilizó un palpador de marca comercial iGAGIN que tiene una precisión de 0.0005 in., o bien, de 12.7 μm . El palpador se desplaza alrededor del eje de la *Herramienta* a través del movimiento de rotación del eje de la *Superficie* y posteriormente desarrollar el procedimiento descrito en la sección anterior.

Entonces, procedemos a poner la máquina en modo *Manual* como ya se ha descrito anteriormente para dar inicio al proceso de alineación mismo que se describe a continuación:

1. Antes de colocar el palpador, primero alineamos a simple vista el eje de la *Superficie* con el eje de la *Herramienta*, posteriormente hacemos ajustes finos usando el palpador. Para este propósito seleccionamos en la pantalla táctil la dirección X, Y, y Z, o bien, C (para rotar), según sea el caso en que se desea mover a dicho eje (Fig. 19a) y posteriormente se hacen los desplazamientos

pulsando los botones *JOG* (Fig. 19b) hasta ver a simple vista que ambos ejes están aproximadamente alineados.

2. Se fija la montura magnética sobre el eje de la *y* y sobre esta se coloca el palpador de tal forma que la punta haga contacto con el eje de la *Herramienta* tal como se muestra en la figura 14.
3. Para realizar los ajustes finales en la alineación, desarrollamos el método de alineación descrito en la sección 2.1 utilizando el palpador. Aquí nuevamente los movimientos o ajustes del eje se hacen utilizando los mismos botones descritos en el punto número uno de esta sección. La alineación correcta de los ejes se habrá alcanzado cuando la lectura en la carátula del palpador sea la misma para cualquier posición, en la figura 20 se muestran tres posiciones diferentes utilizadas en la alineación donde la lectura fue la misma para esas tres posiciones y para puntos intermedios entre estas.

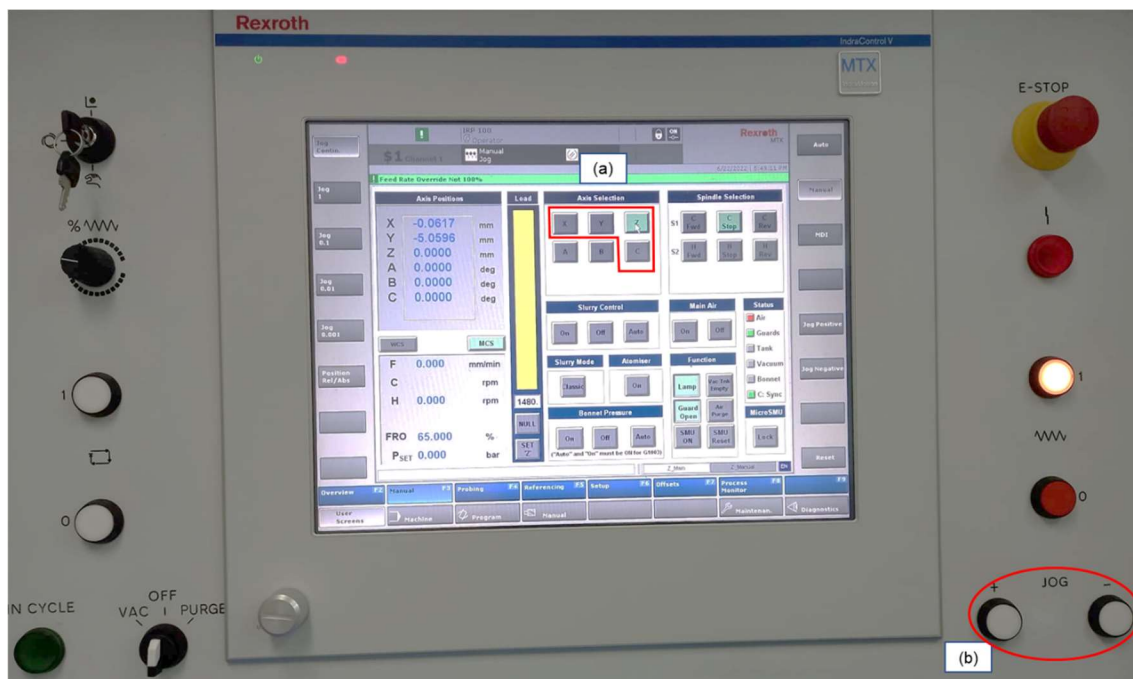


Figura 19. Botones que deben utilizarse para el movimiento del eje de la Superficie en las direcciones X, Y, Z y C para la rotación.

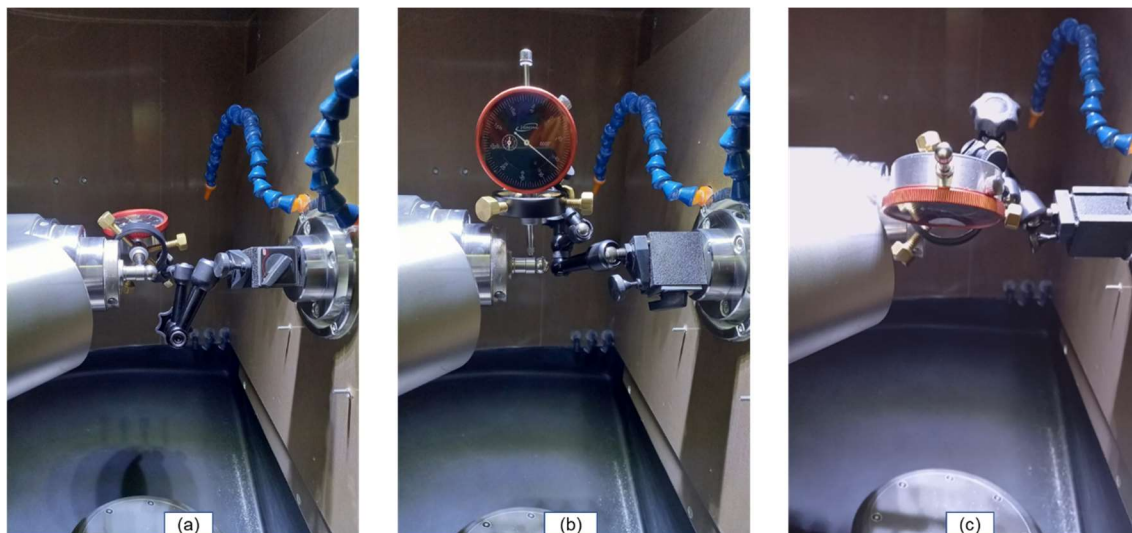


Figura 20. Se muestran tres posiciones distintas del palpador sobre el eje de la Herramienta siendo el mismo valor en la escala del palpador para todas las posiciones.

2.3 Registro de las nuevas coordenadas.

Una vez que los ejes se han alineado correctamente, las nuevas coordenadas deberán registrarse en el sistema de la máquina para que estas sean la nueva posición del “origen” del eje de la *Superficie*, es decir, estas coordenadas serán el nuevo *Home Position* del eje.

Para registrar las nuevas coordenadas, ya que estamos en el modo *Manual* de la máquina, entonces presionamos el botón *Offsets* que se muestra en la figura 21, esto nos abrirá una nueva pantalla donde podremos introducir las nuevas coordenadas X y Y manualmente utilizando el teclado de la maquina y finalmente presionamos la tecla “Enter” para fijar el nuevo número en la celda correspondiente como se muestra en la figura 22, con este procedimiento habremos terminado el proceso de alineación y la máquina estará lista para iniciar cualquier proceso de pulido.

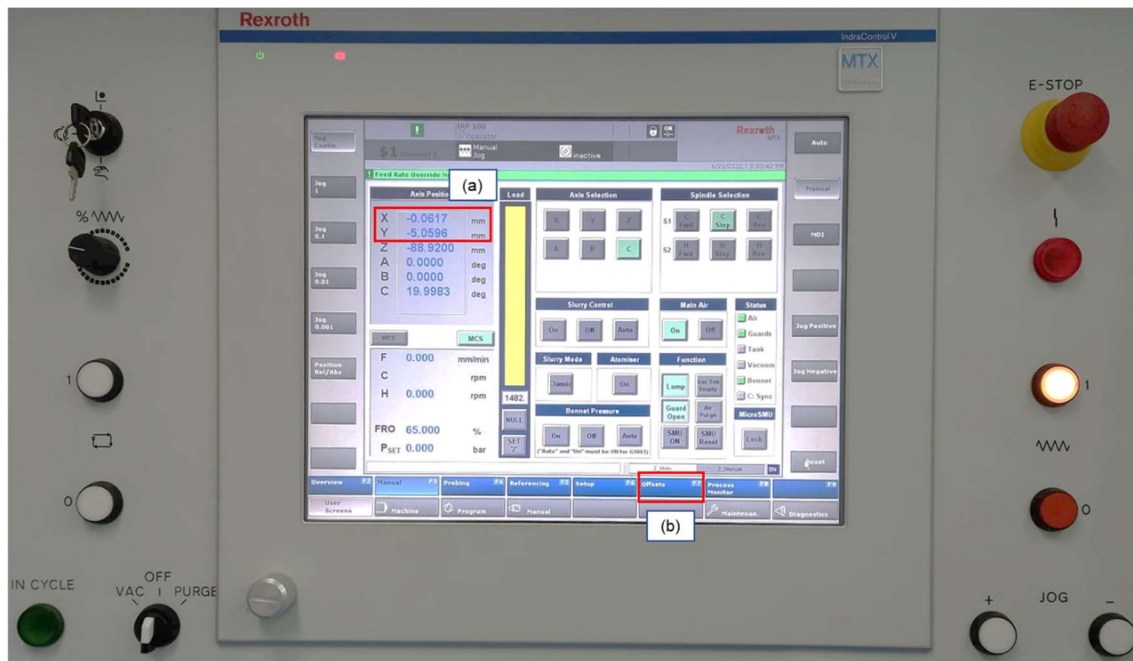


Figura 21. (a) Nuevas coordenadas que resultaron del proceso de alineación, (b) Comando Offset para pasar al registro de las nuevas coordenadas.

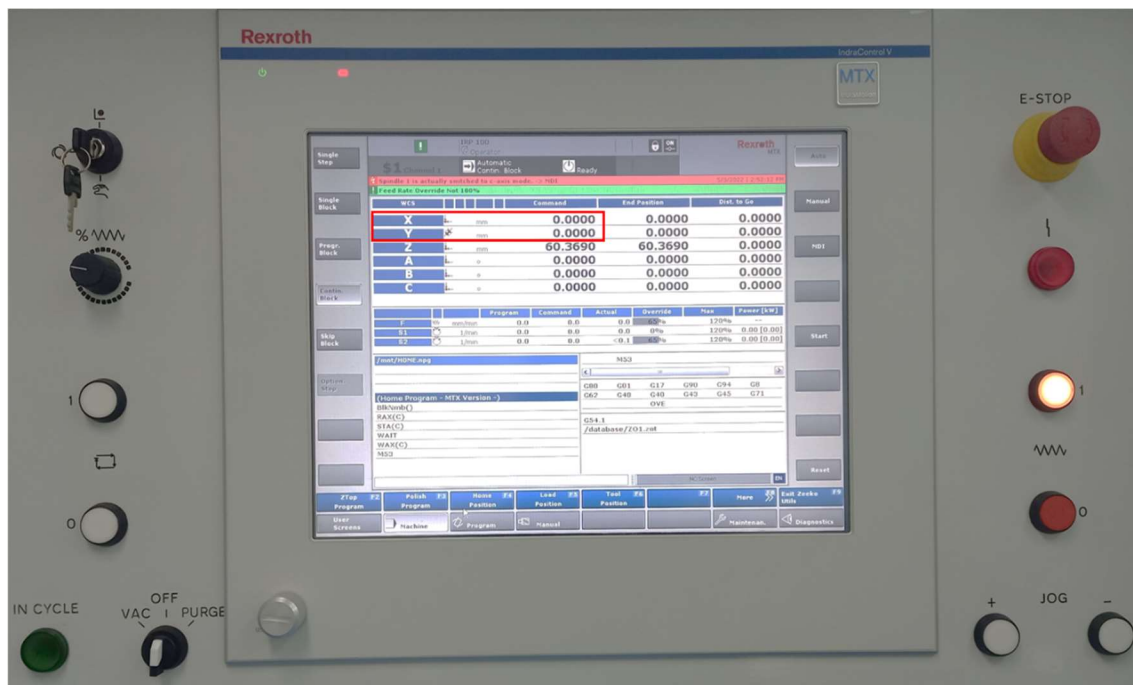


Figura 22. Celdas en las que deben capturarse las nuevas coordenadas del eje de la Superficie.

Comentarios finales

Se ha comprobado que el método propuesto para la alineación de los ejes es funcional, sencillo y fácil de implementar, solo se necesita una montura con base magnética y un palpador para desarrollar este proceso.

Es importante desarrollar ordenadamente cada uno de los pasos descritos en este procedimiento para lograr con éxito la alineación de los ejes, ya que en la máquina existe una gran variedad de comandos para el desarrollo de otras tareas y esto podría ocasionar confusión al usuario al no estar familiarizado con el uso de la máquina.

Por otra parte, la precisión en el proceso de alineación depende esencialmente de la resolución del palpador, por ahora se utilizó un palpador con una resolución de $\pm 12.7 \mu\text{m}$, de manera que se puede garantizar que la precisión alcanzada fue de $\pm 6.5 \mu\text{m}$ aproximadamente, sin embargo, esta puede mejorarse si se utiliza un palpador con mayor resolución.

Bibliografía

ZEEKO IRP100-MTX, Operation Manual, Copyright Zekoo Limited © 2011, Document Revision 280611, p. 1-63.