

Sistema automatizado para la limpieza con láser de superficies no planas

Alberto Ramil, Javier Lamas, Ana J. López
Centro de Investigacións Tecnolóxicas
Escola Politécnica Superior
Universidade da Coruña



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Esquema

- Introducción
- Montaje Experimental
- Obtención de la Topografía
- Generación del movimiento
- Aplicación: limpieza de granito
- Conclusiones



INTRODUCCIÓN



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Objetivo

- Desarrollar un sistema para la limpieza automatizada con láser de superficies no planas
- Mantener constantes los parámetros de irradiación:
 - Distancia focal a la superficie
 - Velocidad de barrido sobre la superficie
- El sistema se basa en la adquisición del perfil de la superficie usando un escáner láser de línea acoplado a un sistema de control de tres ejes motorizados XYZ donde se sitúa la muestra.
- A largo plazo, el objetivo es utilizar un brazo robotizado en lugar del sistema de ejes XYZ.

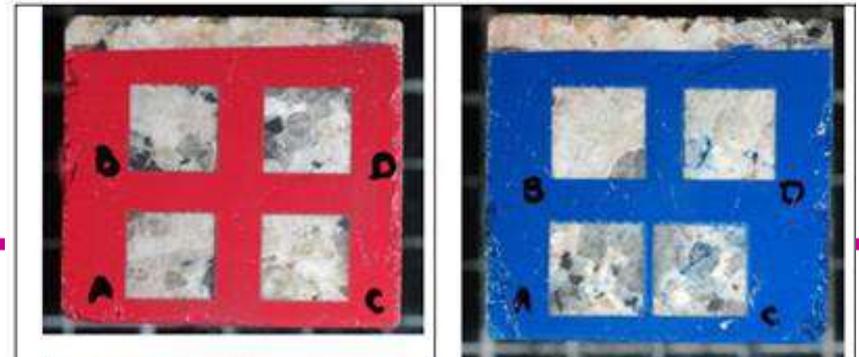


Limpieza con láser de objetos patrimoniales en piedra

Brazo articulado de forma manual (fibra o espejos)



Superficies planas
Trayectorias programadas

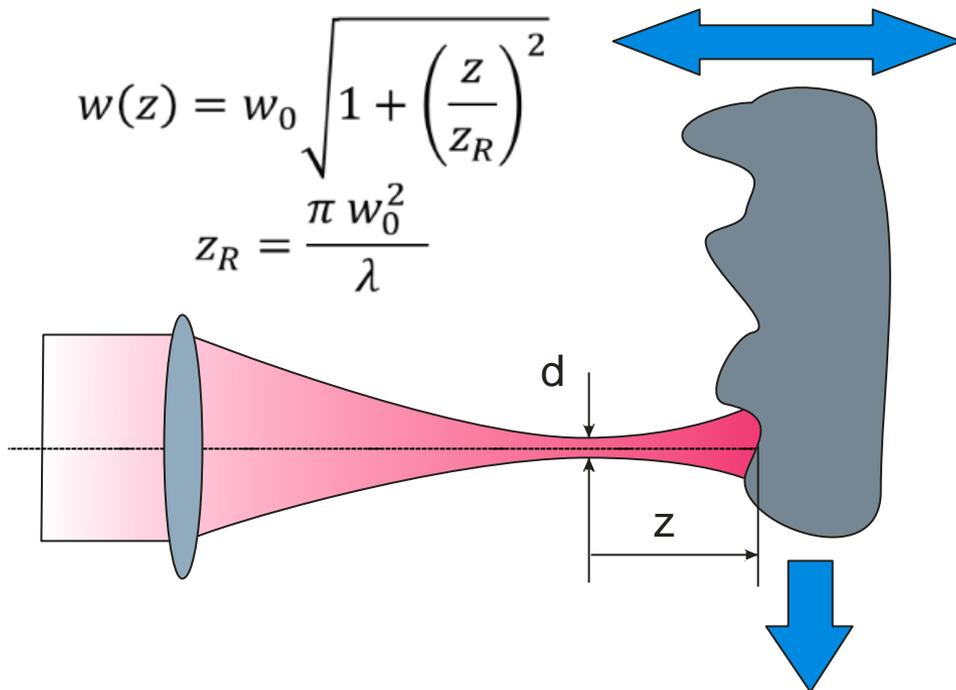


Etapas

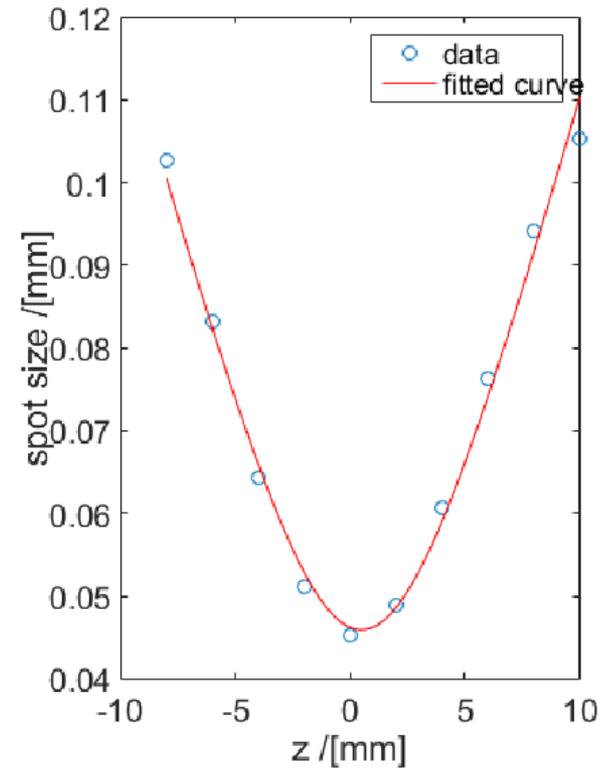
- 1º PASO: Obtener la topografía de la superficie
 - Utilizar los datos de un perfilómetro láser para generar un modelo de la superficie en forma de malla.
- 2º PASO: Generar el programa del movimiento
 - Trazar sobre ese mapa la trayectoria de los ejes motorizados de forma que el punto focal del haz del láser se mantenga a una distancia fija de la superficie y la recorra con velocidad constante.
 - Generar automáticamente las instrucciones del controlador de los ejes que incluyen la activación del disparo del láser mediante una señal digital.
- 3º PASO: Aplicación y evaluación en muestras tipo
 - Hemos aplicado el sistema para eliminar costras y diferentes pátinas en rocas ornamentales pero puede ser aplicado en otros ámbitos



Variación del diámetro del haz con la altura



Nd:YV04 355 nm
Focal length = 150 mm

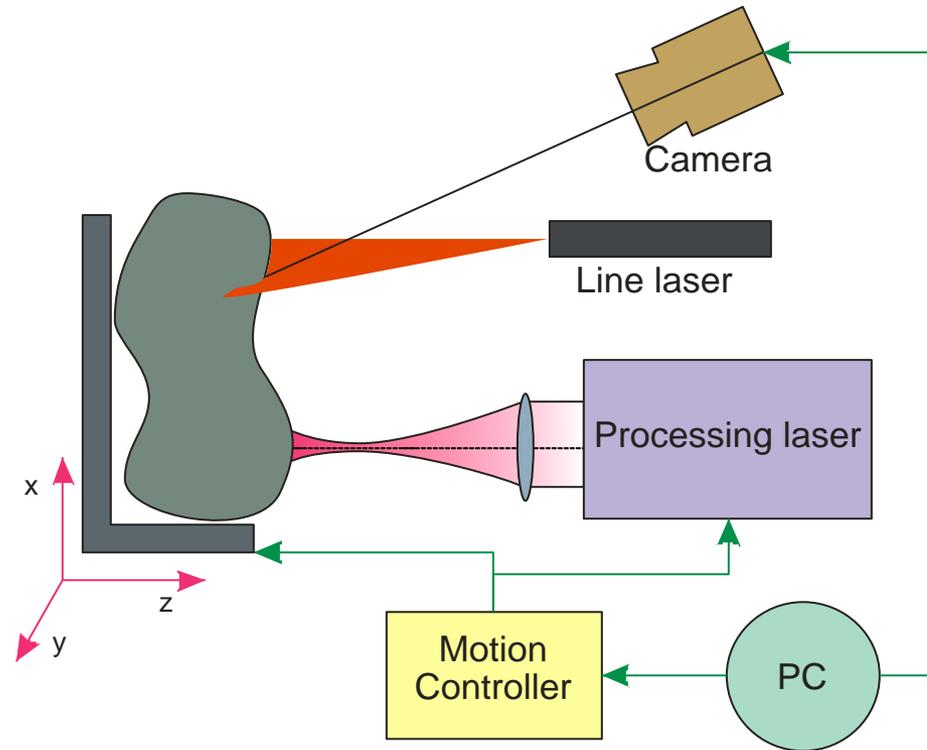


MONTAJE EXPERIMENTAL



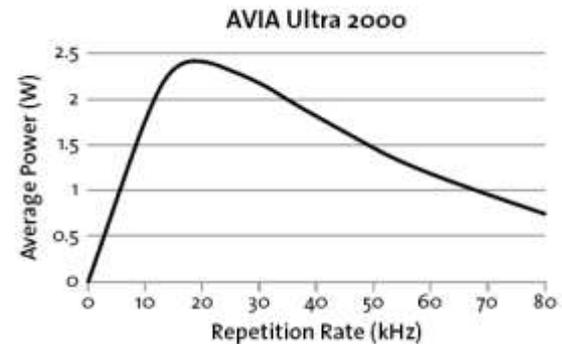
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Montaje experimental



Nd:YVO4 Laser

- Coherent AVIA Ultra 355 - 2000
- Wavelength: 355 nm
- Pulse duration: 25 ns
- Pulse Repetition Rate: single-shot to 100 kHz
- Energy per pulse: 0.1 mJ
 - Beam diameter: 2.2 mm @ 1/e²
 - Spatial Mode: TEM₀₀ ($M^2 < 1.3$)
 - Beam Divergence: <0.5 mrad



3-axis positioning system

- 3 Linear Stages

Newport ILS-CC

- Travel Range (mm): 100, 200
- Resolution (μm): 0.5
- Unidirectional Repeatability (μm): 0.7
- Maximum Speed (mm/s): 100



- Motion controller

Newport MM4006

- 80 Bit, AMD 5X86, 133 MHz processor
- 8D Linear interpolation,
- 2D Circular Interpolation



Laser profilometry system

- CCD sensor Pulnix CM-030 GE
 - 656 (h) x 494 (v) pixels
 - 90.5 frames/second
- Objective
 - Nikkor 35-105 1:3.5-4.5
- Laser line Lasiris SNF635
 - Wavelength: 635 nm
 - Power: 10 mW
 - Fan angle: 30°
 - Line thickness: 0.1 mm (at 10 cm)



Software

- C++ (Visual Studio 2012) y Jai-SDK library
 - Adquisición de imágenes de la cámara CM-030 GE
- Python:
 - Escribe el fichero que controla la adquisición de imágenes con el ejecutable de C++
 - Procesa las imágenes (openCV) para obtener la malla de la superficie
 - Realiza las gráficas (Matplotlib) para seleccionar zona a tratar con el láser
 - Obtiene y simplifica las trayectorias sobre la superficie
 - Genera los programas del controlador
 - Envía los programas y los ejecuta

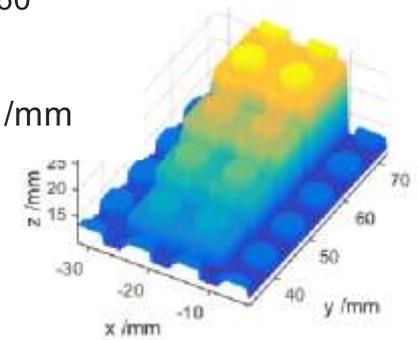
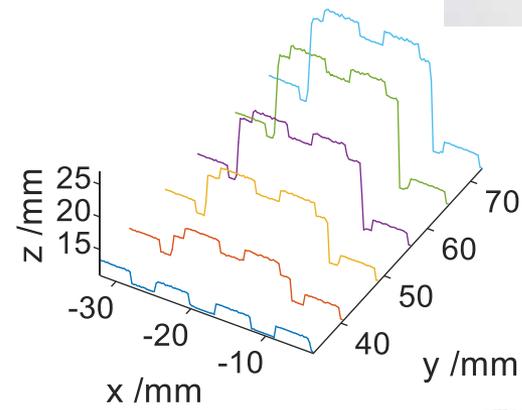
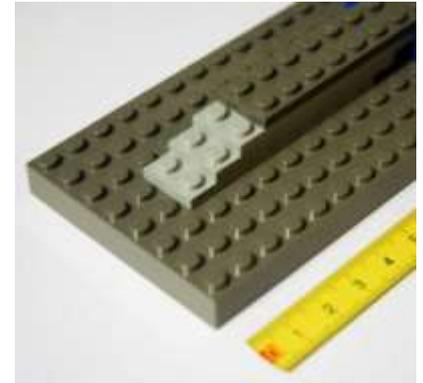
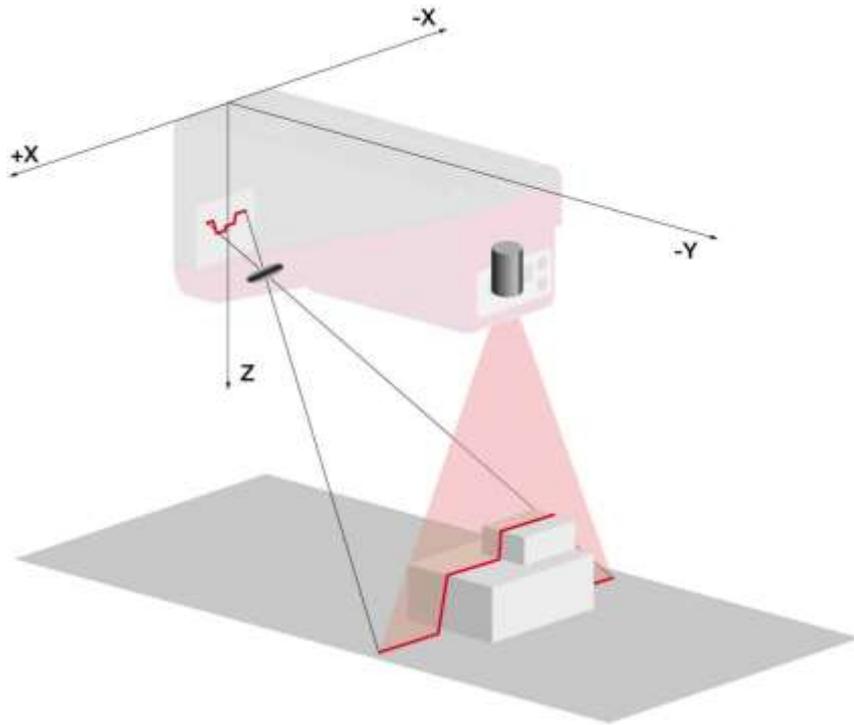


OBTECCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA

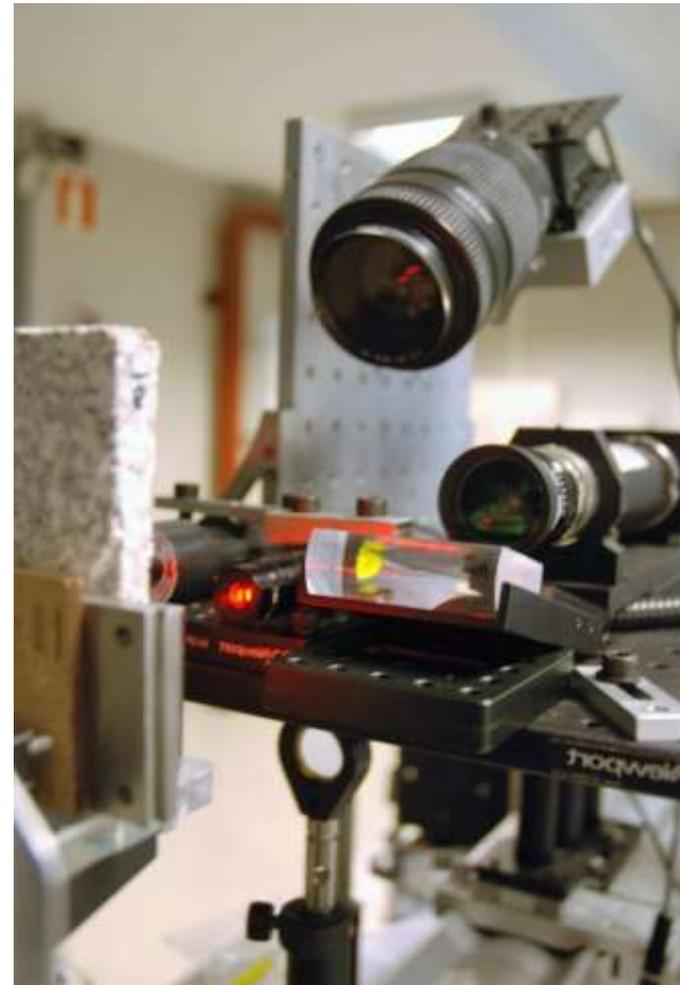


UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Perfilómetro láser



Perfilómetro acoplado al láser



Obtención del perfil

Imagen original

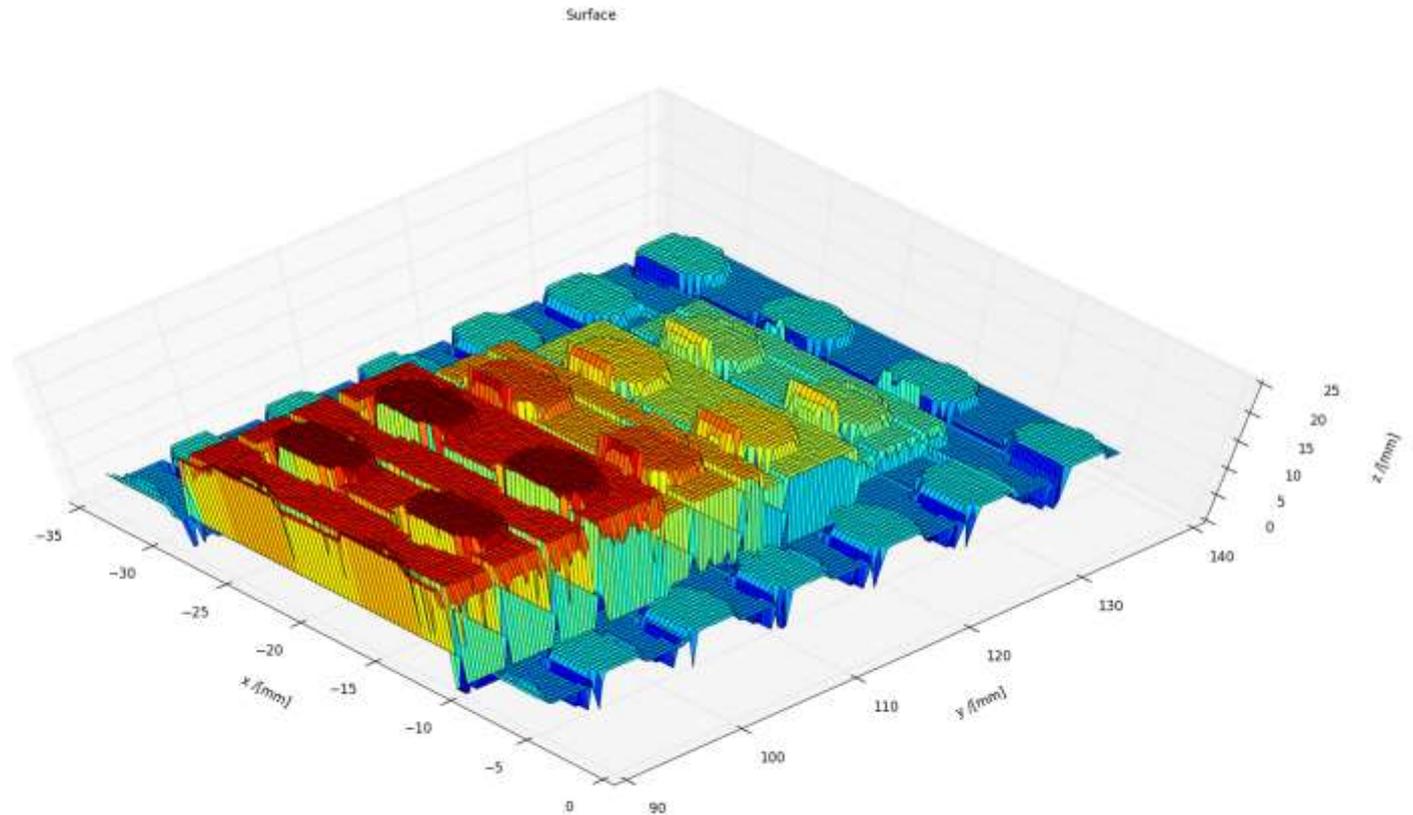


Imagen después de umbral → perfil



Obtención del mapa de la superficie

Aplicando calibración y desplazando la pieza → topografía



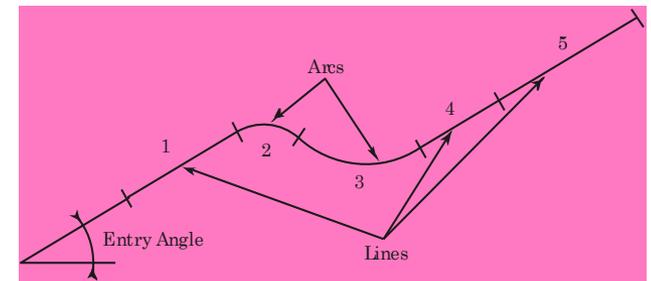
GENERACIÓN DEL MOVIMIENTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Que se entiende por trayectoria

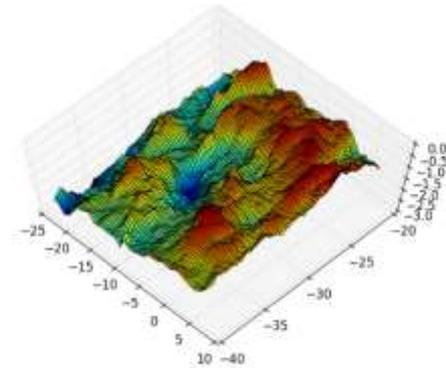
- Conjunto de elementos (rectas, arcos de circunferencia) que se recorren de forma continua
- No pueden tener:
 - excesivos cambios de pendiente ($<10^\circ$)
 - aceleraciones demasiado grandes ($<500 \text{ mm/s}^2$)
 - desplazamientos fuera de los límites



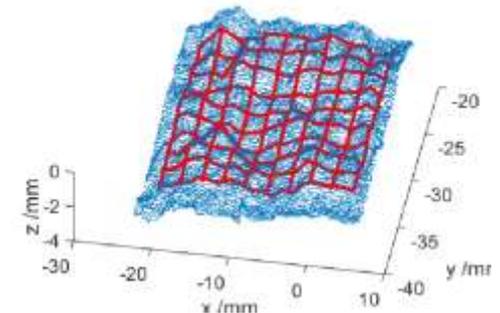
Selección de líneas sobre la superficie

- Seleccionar zona sobre el mapa
- Elegir el patrón de relleno
- Interpolación bidimensional para obtener puntos del recorrido sobre la superficie

Mapa superficie

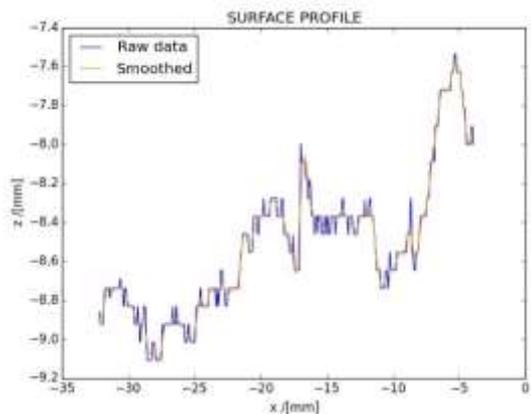


Patrón de relleno (rejilla)



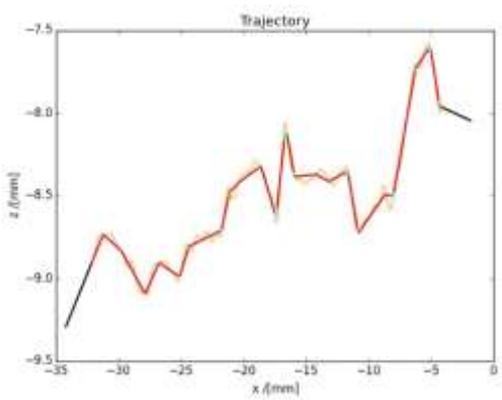
Generación del movimiento

Perfil superficie

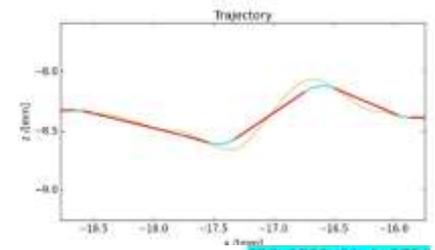


Trajectory del controlador:
Movimiento coordinado 2 ejes

- Para cada línea de la superficie se realiza:
 - Suavizado
 - Aproximación por rectas y arcos (radio > Rmín)
- Con los parámetros elegidos (altura del foco, velocidad de barrido) se genera el programa del controlador



Línea recta
Arco circunf.



```

3PA-9.2921
1PA-34.2161
0WS
1AX
3AY
NT
AD0.0010
MX2.0483,MY0.3805
X2.0000
CR0.2500,CA-14.4318
X0.4000
CR0.2500,CA-3.9229
X0.0000
CR0.2500,CA17.6023
    
```

```

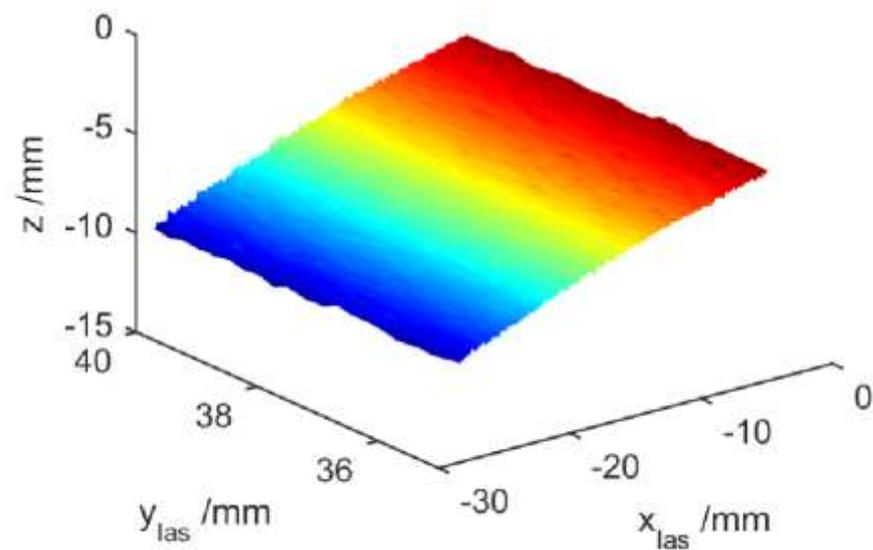
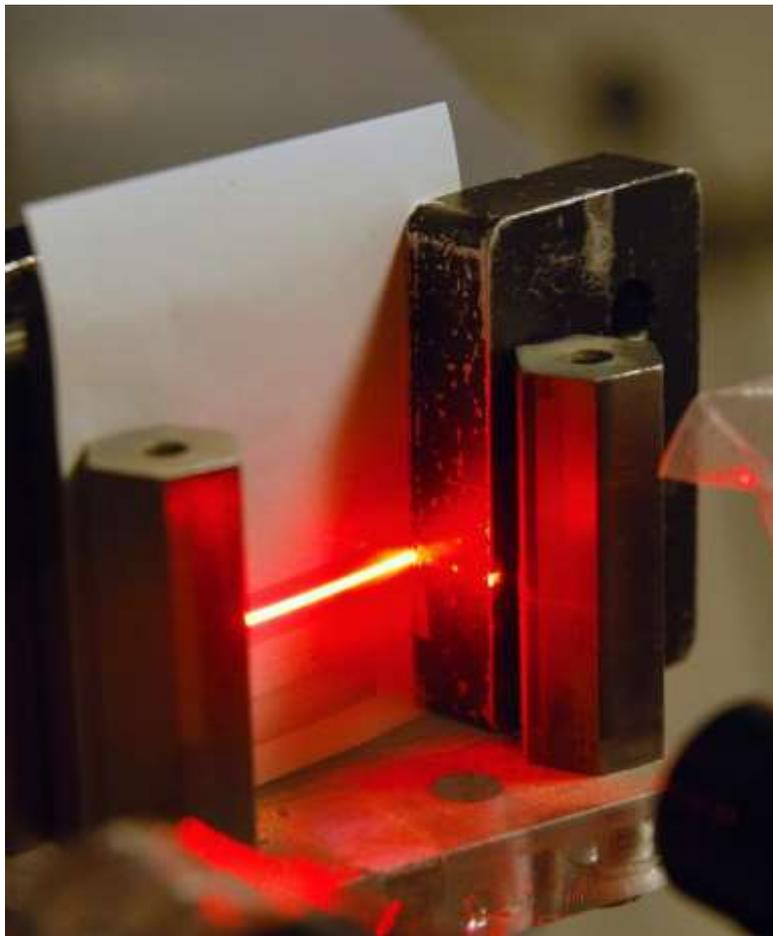
CR0.2500,CA-1.3756
X0.3000
CR0.2500,CA-17.1848
X10.4000
CR0.2500,CA-1.9790
X10.0000
CR0.2500,CAS0.3100
    
```

APLICACIÓN: LIMPIEZA DE GRANITO



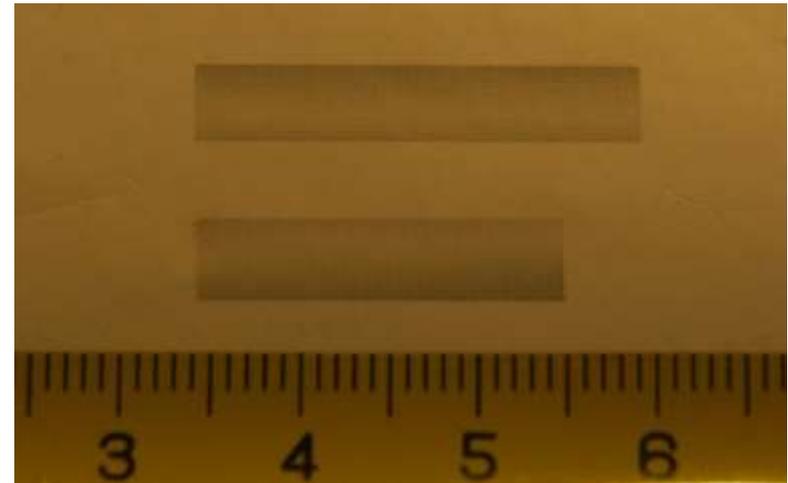
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TEST 1: superficie plana inclinada

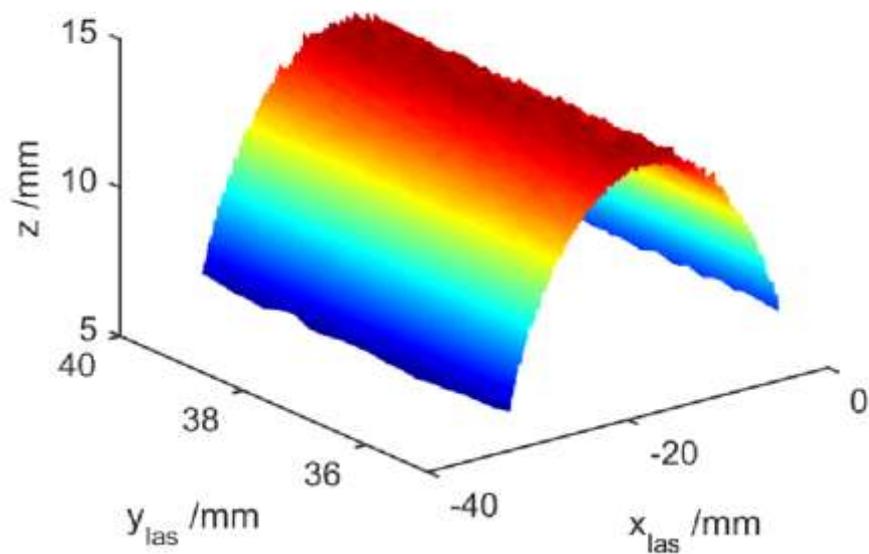
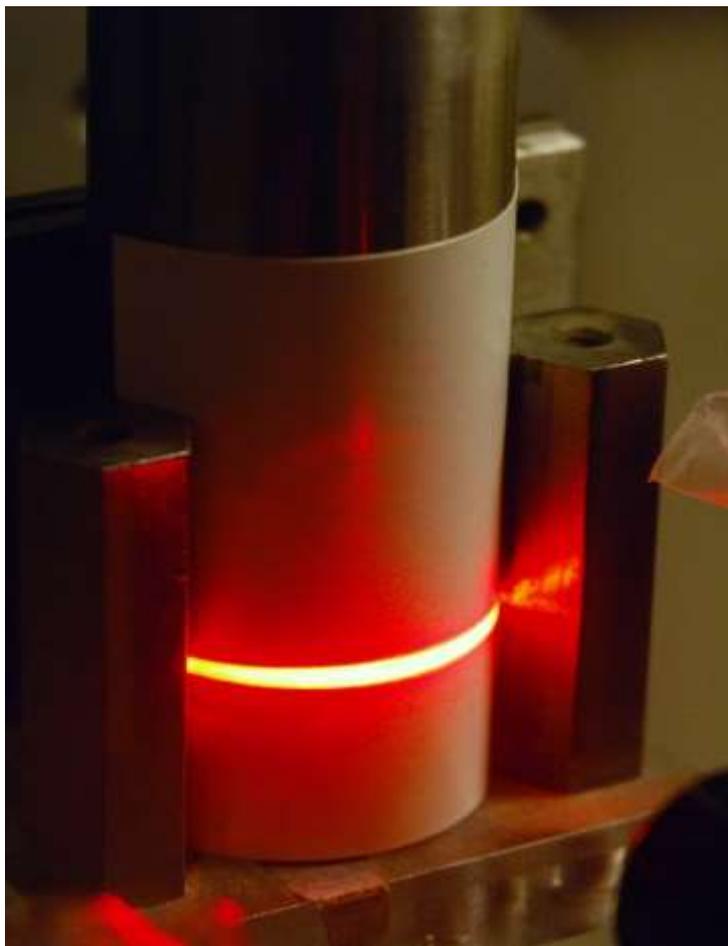


TEST 1: superficie plana inclinada

- Se hacen disparos según líneas horizontales a diferente altura
- SIN seguimiento de la superficie: el tamaño del spot cambia a lo largo de la línea
- CON seguimiento de la superficie: el tamaño del spot se mantiene constante a lo largo de la línea

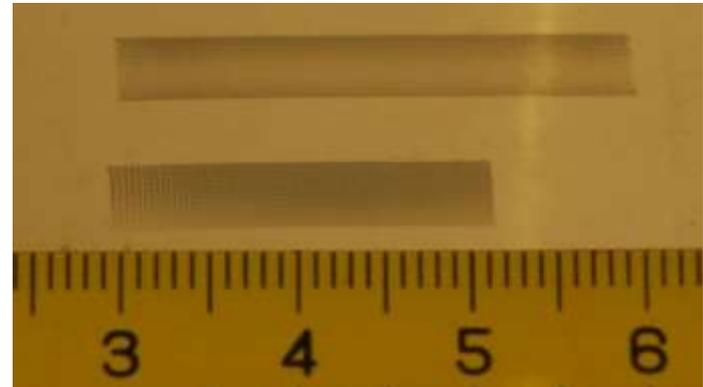


TEST 2: superficie cilíndrica

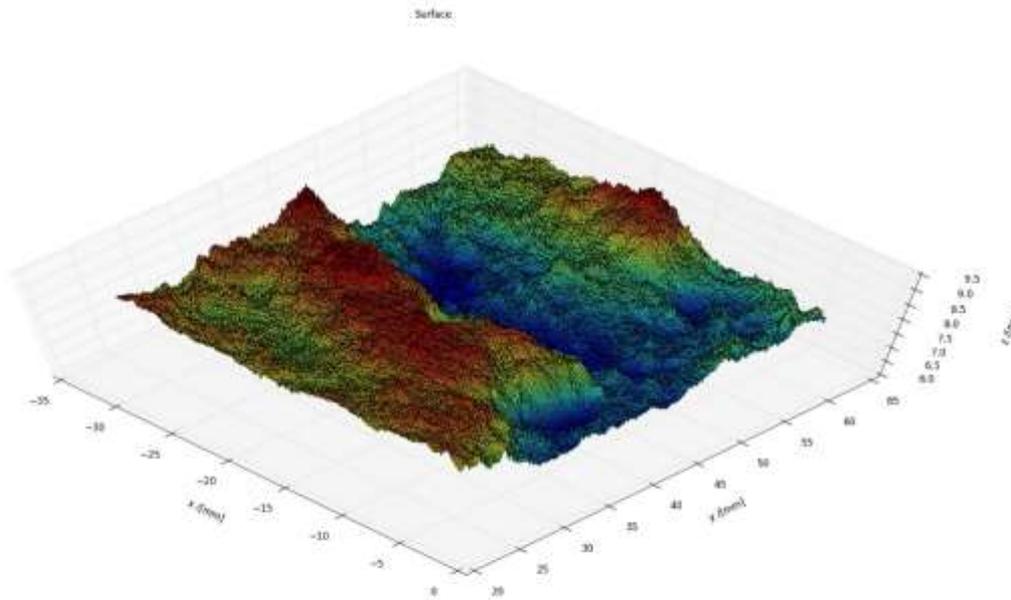


TEST 1: superficie cilíndrica

- Se hacen disparos según líneas horizontales a diferente altura
- SIN seguimiento de la superficie: el tamaño del spot cambia a lo largo de la línea
- CON seguimiento de la superficie: el tamaño del spot se mantiene constante a lo largo de la línea



Ejemplo. Granito con líquenes



Scanning parameters:

- Width: 3 cm
- Height: 4 cm
- Number of lines: 401
- Line spacing: 0.1 mm
- Pixels per line: 656

Laser processing:

- Fill pattern: grid
- Repetition rate: 10 kHz
- Speed: 25 mm/s
- Line spacing: 0.1 mm
- Z = surface – 10 mm



CONCLUSIONES



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Conclusiones

- El algoritmo desarrollado permite:
 - Obtener un mapa topográfico de la superficie (utilizando perfilometría láser)
 - Fijar la velocidad de recorrido y el tamaño del haz láser en toda la superficie (mediante la generación del código del controlador de movimiento)
- Se ha aplicado con éxito para eliminar diferentes costras en superficies de granito no planas
- Se pretende incorporar información de otros sensores para tomar decisiones sobre la zona a tratar
- Puede aplicarse a otros procesos que requieran ajustar automáticamente la altura de la herramienta
- En un futuro se aplicará a un brazo robotizado



Gracias por su atención



UNIVERSIDADE DA CORUÑA