

CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS EMBEBIDOS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Equipo Dip Coater para la creación de películas delgadas

Autor:
Ing. Martin Abel Gambarotta

Director:
Dr. Gastón Corthey (Conicet)

Jurados:
Alejandro Permingeat (Fasta)
Diego Fernández (Uba)
Julián Iglesias (Utn)

*Este trabajo fue realizado en la Ciudad de General San Martín, Buenos Aires,
entre marzo de 2019 y diciembre de 2021.*

Resumen

La presente memoria describe el desarrollo y la implementación de un equipo dip coater utilizado en la fabricación de películas delgadas en el campo de estudio de las nanociencias. Se abarcarán aspectos de software, hardware y también de diseño y fabricación mecánica.

El marco general en el cual se desarrolló este proyecto fue la fundación y los primeros años de la empresa TECSCI S.A.S, el equipo que surge de este proyecto será comercializado en el transcurso del año 2022. Cabe destacar que la empresa adhiere a los principios de *software y hardware libre* por lo tanto todo el material relacionado estará disponible.

Se tuvieron en cuenta para la realización del trabajo conceptos incorporados en las diferentes materias de la carrera de especialización en sistemas embebidos tales como la implementación de sistemas operativos de tiempo real, técnicas de testeo de software y técnicas de diseños de circuitos impresos entre otras.

El resumen debe escribirse en uno o dos párrafos. Debe ser breve y conciso sin ningún elemento de formato en el texto como itálicas o negrita. Tampoco se deben usar siglas ni acrónimos que no resulten obvios para un lector promedio de la memoria, ni referencias bibliográficas o notas al pie de página. No debe faltar qué es lo que se hizo/logró, qué importancia/valor tiene el proyecto/resultado, qué va a encontrar el lector en la memoria y qué contenidos de la especialización/maestría se aplicaron en el proyecto.

Agradecimientos

Esta sección es para agradecimientos personales y es totalmente **OPCIONAL**.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Tecsci sas	1
1.2. Dip coating	2
1.3. Estado del arte	3
1.4. Objetivos y alcance	4
1.4.1. Objetivos	4
1.4.2. Alcance	4
2. Introducción específica TECSCI	7
2.1. Equipo	7
2.1.1. TMC5130	7
3. Diseño e Implementación TECSCI	9
3.1. Hardware	9
3.1.1. Diseño	10
3.1.2. Fabricación, pruebas y rediseño	10
3.2. Software	10
3.2.1. Capas de abatrácción	10
3.3. Estructura mecánica	10
3.3.1. Diseño 3D	10
3.3.2. Fabricación de piezas a través de mecanizado CNC	10
4. Ensayos y resultados	11
4.1. Pruebas funcionales del hardware y rediseño	11
4.2. Pruebas funcionales del software y rediseño	11
4.3. Calibración mecánica del equipo	11
4.4. Pruebas de campo con personal capacitado	11
5. Conclusiones	13
5.1. Conclusiones generales	13
5.2. Próximos pasos	13
Bibliografía	15

Índice de figuras

1.1.	Diagrama Canvas - Modelo de Negocios TECSCI	2
1.2.	Proceso completo desarrollado por el equipo	3
1.3.	Equipos de la empresa Biolin Scientific	3
1.4.	Equipo de la empresa Kibron.	4
2.1.	Módulos principales de firmware	7
3.1.	Modelo 3D Kicad.	9
3.2.	Placa fabricada MAYER SRL.	10

Índice de tablas

1.1. caption corto	4
------------------------------	---

Dedicado a mis padres!

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se explica brevemente el marco de trabajo en el cual se desarrolla el proyecto y se dan las primeras definiciones sobre el equipo a construir.

1.1. Tecsci sas

La realización del siguiente proyecto se basa en la construcción de un equipo comercial *Dip Coater*. El proyecto se desarrolla en el marco de los primeros años de vida de la empresa *TECSCI (Technology for Science)*.

La empresa tiene como visión ser líder y referente global en el desarrollo de equipamiento científico de fuentes abiertas y como misión pretende fabricar productos innovadores de alta calidad para atender las demandas de los laboratorios de investigación, universidades y empresas de base tecnológica nacionales e internacionales.

Con el objetivo general de diseñar y fabricar equipos con foco en procesos nanotecnológicos, adhiriendo a la filosofía del software y hardware libre y aportando desde su lugar a la comunidad. El Dip coater es el primer equipo realizado y se adapta completamente al modelo de negocio pensado, el cual se presenta en la Figura 1.1 en donde se describe el modelo de negocios de la empresa sobre un diagrama Canvas.

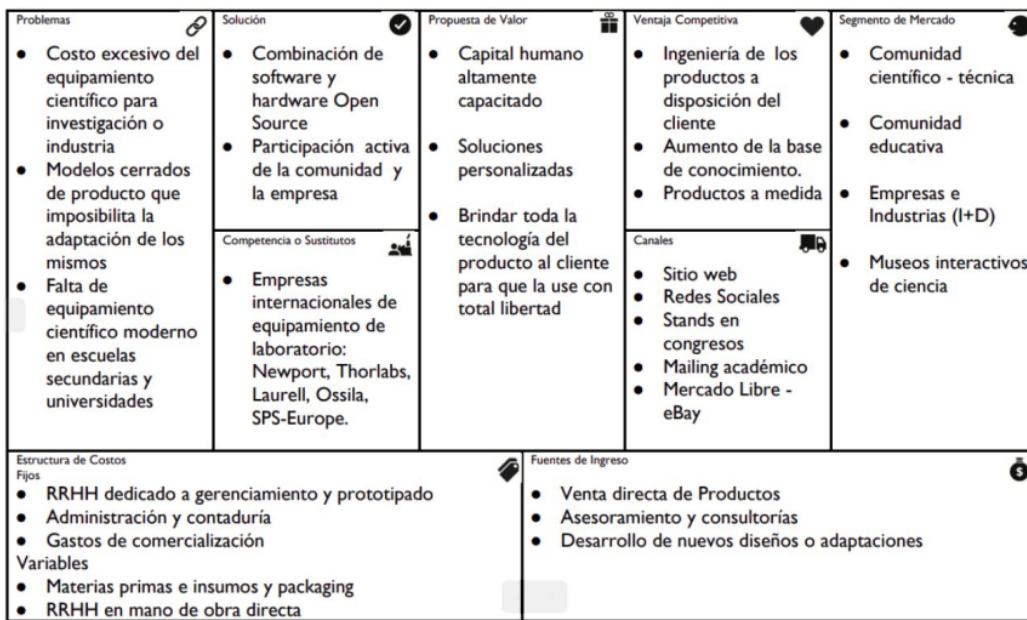


FIGURA 1.1. Diagrama Canvas - Modelo de Negocios TECSCI

Las soluciones que propone Tecsci se orientan a dar respuesta a las problemáticas que se comparten tanto en el mercado local como en el internacional:

- Elevado precio del equipamiento científico y mantenimiento.
- Contratación exclusiva de servicio técnico asociado al fabricante.
- Soluciones de software y hardware cerradas que no permiten la adaptación del instrumental a experimentos científicos personalizados.

1.2. Dip coating

En los laboratorios de investigación aplicados a nanotecnologías existen diferentes equipos para la fabricación de películas delgadas comúnmente denominadas *thin film*, las películas delgadas son finas capas de material de espesores variables que comúnmente van desde las centenas de nanómetros hasta las decenas de micrones [100nm - 50 um] que se depositan sobre diferentes superficies.

Para la creación de películas delgadas por deposición se utilizan diferentes tipos de técnicas físicas o químicas, también existe la posibilidad utilizando otro tipo de técnicas de hacer crecer la película sobre la superficie. Se utilizará para este proyecto la técnica de inmersión controlada de una superficie de muestra en un sustrato disuelto en solución.

Dip Coating es una técnica que se emplea tanto en áreas de I+D en la industria, como en la investigación científica en el campo de las nanociencias, se basa en la inmersión y extracción de una muestra en una solución bajo estudio, como se observa en la Figura 1.2 en donde se observa una ejecución completa del movimiento desarrollado por el equipo.

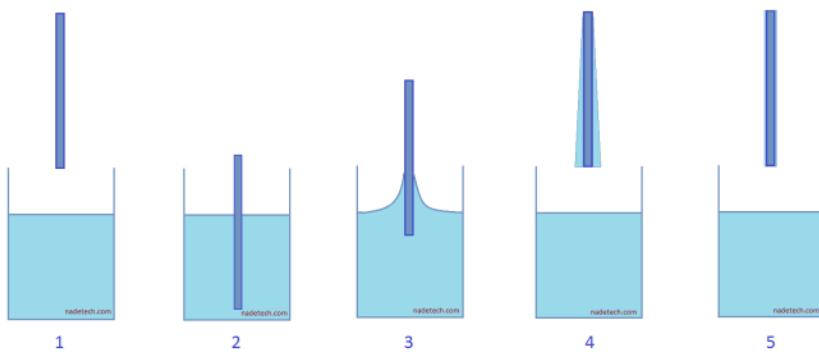


FIGURA 1.2. Proceso completo desarrollado por el equipo

La principal y mas importante característica de la máquina es darle al usuario la posibilidad de controlar la velocidad y aceleración de inmersión de la muestra, el tiempo de espera en que la muestra queda sumergida, y también controlar la extracción, teniendo la posibilidad de repetir el ciclo según se desee.

1.3. Estado del arte

Existen diferentes fabricantes a nivel mundial que comercializan estos equipos pero ninguno a nivel local, también podemos encontrar diferentes modelos dip coater, por ejemplo la empresa Biolin Scientific tiene una versión simple y también ofrece version mas compleja, presentamos a continuación algunos equipos de diferentes fabricantes.

Biolin Scientific [1]

En la figura 1.3 podemos ver el equipo simple que ofrece la compañía y otro mas avanzado que a través de una rotación en la base cambia automáticamente las soluciones donde se realizan las inmersiones. Ambos equipos necesitan estar conectados a una pc corriendo un software para poder ser ejecutados.



(A) Equipo simple

(B) Equipo avanzado

FIGURA 1.3. Equipos de la empresa Biolin Scientific

Kibron [2]

1.4



FIGURA 1.4. Equipo de la empresa Kibron.

Ossila [3]

y luego en la siguiente tabla 1.1 comparamos las especificaciones técnicas que los caracterizan.

TABLA 1.1. Especificaciones técnicas de otros fabricantes

Equipo	Recorrido max.	Velocidad (mm/min)	Acel (m/min ²)
Bio Single Vessel Medium	300 mm	1 - 1000	without
Bio Multiplie Vessel	70 mm	0.1 - 108	without
Kibron LayerX	134 mm	0.06 - 300	without
Ossila	100 mm	0.6 - 3000	without

1.4. Objetivos y alcance

1.4.1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es que la empresa TECSCI diseñe y fabrique el primer equipo comercial, con la perspectiva de ser el primero de una serie más amplia de equipos de laboratorio para la investigación científica. En principio el proyecto se enmarca en la temática de estudio sobre aplicaciones Nanotecnológicas, pero el campo al cual se apunta es mucho más amplio, y se pretende poder abarcarlo incrementalmente respetando los principios filosóficos del Hardware y Software Libre.

1.4.2. Alcance

El presente proyecto incluye la presentación de un equipo comercial Dip Coater.

Abarca los siguientes puntos:

- Desarrollo del Firmware que contemple la comunicación con driver del fabricante TRINAMIC, específicamente el TMC5130.

- Diseño del Hardware con software de diseño KICAD.
- Fabricación del PCB y montaje de componentes electrónicos.
- Diseño y Fabricación de la parte mecánica soporte del equipo y fabricación de piezas especiales a través de mecanizado CNC.
- Incorporación de pantalla touch HMI *human machine interface* de la marca STONE para configuración y uso del equipo.

El presente proyecto no incluye:

- Desarrollo de hardware con fuente de alimentación incorporada.
- Programación de la interfaz gráfica con el software de diseño provisto por el fabricante de la pantalla.
- Control del entorno con registro de humedad, temperatura y cámara de humedad.

Capítulo 2

Introducción específica TECSCI

2.1. Equipo

Como se observa en la Figura 2.1, la máquina Dip Coater que se desarrollará estará compuesta por:

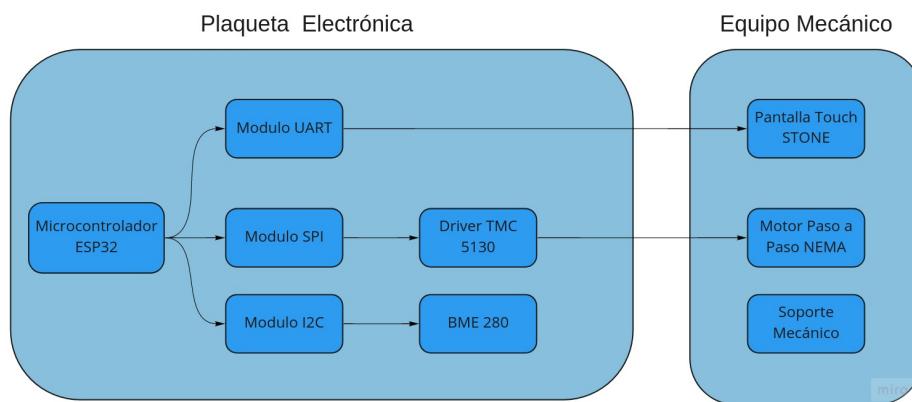


FIGURA 2.1. Módulos principales de firmware

- Microcontrolador ESP32
- Periféricos UART SPI I2C
- Driver para manejo de motor TRINAMIC TMC 5130
- Comunicación con Stone Display HMI

2.1.1. TMC5130

Driver trinamic TMC5130 para el manejo de motores paso a paso

Capítulo 3

Diseño e Implementación TECSCI

3.1. Hardware

Como se detallo en el capítulo 2 las primeras pruebas fueron realizadas con la placa experimental TMC5130-EVAL, en la web de la empresa [4] se pueden encontrar los diseños de todas las placas de evaluación que la misma comercializa. También se analizaron varios esquemáticos de los módulos de desarrollo NODE-MCU del microcontrolador ESP32, este último al ser un producto de venta masiva cuanta con gran cantidad de información y ejemplos de implementaciones. Por lo tanto el diseño de nuestra placa surge del análisis de las implementaciones anteriores. Para el diseño del *hardware* utilizamos el software libre de diseño de circuitos impresos **KICAD**, cabe destacar que este software a avanzado y mejorado en cuanto a sus capacidades técnicas en los últimos años, es posible que el apoyo del **CERN** haya influenciado de manera positiva tal como se comenta en la siguiente nota [5].

3.1.3.2

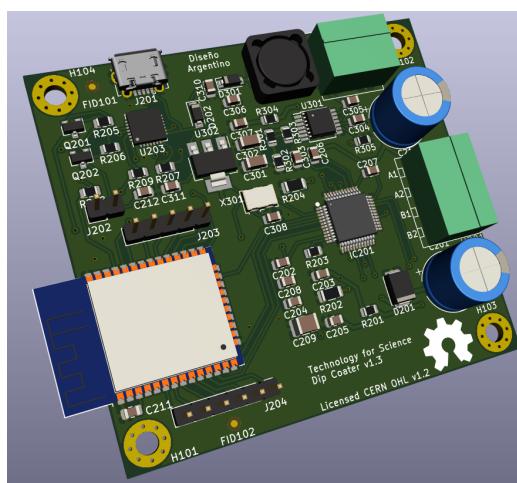


FIGURA 3.1. Modelo 3D Kicad.



FIGURA 3.2. Placa fabricada MAYER SRL.

3.1.1. Diseño

3.1.2. Fabricación, pruebas y rediseño

3.2. Software

3.2.1. Capas de abatrácción

3.3. Estructura mecánica

3.3.1. Diseño 3D

3.3.2. Fabricación de piezas a través de mecanizado CNC

Capítulo 4

Ensayos y resultados

4.1. Pruebas funcionales del hardware y rediseño

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

4.2. Pruebas funcionales del software y rediseño

4.3. Calibración mecánica del equipo

4.4. Pruebas de campo con personal capacitado

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones generales

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se puedo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

5.2. Próximos pasos

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.

Bibliografía

- [1] Biolin Scientific. *Dip coater*. Visitado el 04-01-2022. URL:
<https://www.biolinscientific.com/ksvnima/fabrication-and-deposition-of-thin-films/dip-coaters>.
- [2] Kibron. *Dip coater*. Visitado el 04-01-2022. URL:
<https://www.kibron.com/layerx-134>.
- [3] Ossila. *Dip coater machine*. Visitado el 08-03-2022. URL:
<https://www.ossila.com/products/dip-coater>.
- [4] Trinamic. *Motion Control*. URL: <https://www.trinamic.com/>.
- [5] Antonella Del Rosso. *KiCad software gets the CERN treatment*. 2015. URL:
<https://home.cern/news/news/computing/kicad-software-gets-cern-treatment>.