

# Cuaderno de Laboratorio VI y VII

C. Iacovone y F. Yulita

2020

## 1. 2020

**11/03** Hablamos con Lucía Fama (co-directora) sobre la investigación y quedó en mandarnos material para leer por mail. Nos mandó el plan de investigación de Lucas Guz (director) y dos papers escritos por ambos: *Influence of extrusion process conditions on starch film morphology* e *Influence of process (extrusion thermo-compression, casting) and lentil protein content on physicochemical properties of starch films*.

**25/03** Hicimos videollamada y discutimos sobre los pdf's que nos mandaron. Le mandamos un mail a Lucas y a Lucía pidiéndoles el resumen del trabajo que vamos a hacer para entregarle a Silvia.

**26/03** Recibimos más papers y otro material para leer de parte de Lucas.

**20/04** Lucas nos mandó papers para leer y nos pidió averiguar sobre materiales, en particular sobre aereadores de pecera, tubos de plástico, conectores que se puedan hacer herméticos, frascos que se van a usar de reactores, sensores de humedad y sensores de temperatura. Recomendó prestarle más atención al paper de Kale [1] ya que es el que más se parece a lo que vamos a hacer.

**28/04** Hicimos videollamada con Lucas y Lucía para hablar sobre los papers que nos dieron, aclarar dudas y discutir los materiales, técnicas y equipos que vamos a usar. Nos pidieron que averigüemos sobre sensores de CO<sub>2</sub> para armar un sistema DMR. De ser muy caros o de no haber podemos ver como armar uno de estos equipos (leer la tesis de Castro-Aguirre [2]) usando espectrómetros de luz infrarroja como los que hay en el DF. A estos sensores hay que automatizarlos para que midan cada ciertos intervalos de tiempo y discutimos la idea de separar los flujos de aire de cada muestra con el mismo respirador para ahorrar y de poder automatizar las mediciones de flujo de cada uno usando un sistema válvulas. Acordamos también en averiguar presupuestos sobre los siguientes materiales:

- Hidróxido de sodio (NaOH).
- 10 frascos de 0.5 l a 1 l para las muestras. Deben tener la tapa de plástico con cierre hermético y mejor si son de vidrio (ver [matraz de Erlenmeyer](#)).
- Frasco de polietileno para el NaOH.
- Frascos para agua con tapas de plástico.
- Mangueras de silicona o tubos transparentes de polietileno. De elegir el último debemos averiguar sobre separadores triples y codos que se ajusten.
- Pasacables.
- Varillas largas de vidrio.

Debemos armar un esquema del equipo para que Lucas se fije que no falten partes. Él quedó en mandarnos fotos de los equipos y materiales.

## CMR

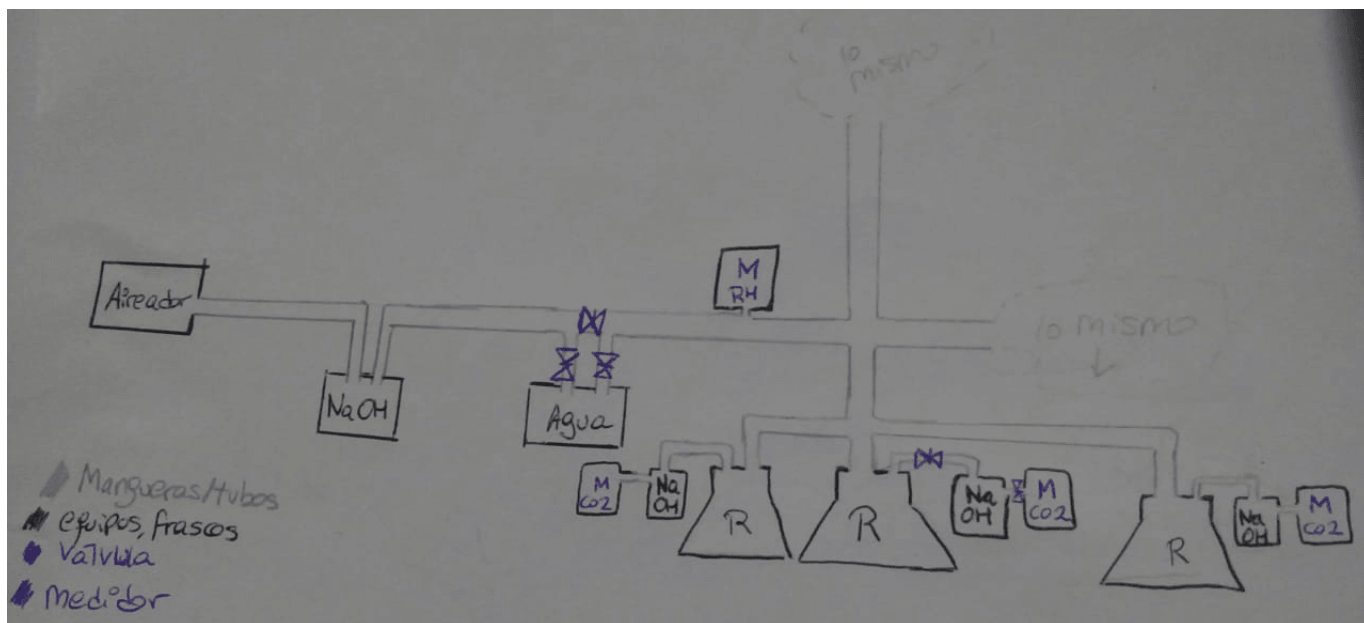


Figura 1: Esquema experimental

El esquema experimental sería algo que sigue fuertemente el de Kale.

Con un aireador hacemos que fluya aire, que primero atraviesa un frasco de PE (qué tamaño?) con NaOH para remover el CO<sub>2</sub> presente en el aire. Luego el aire atraviesa un frasco con agua para humedecerse (se encuentra por las dudas válvulas, no vaya a ser que se humedezca demasiado, pero creo que es medible y controlable, se podrían sacar quizás) y se controla en todo momento con un medidor RH. Luego se divide en 3 caminos y cada camino se une a 3 reactores (donde se encuentra el compost) uno para el material a analizar en cuestión, otro para el control positivo (celulosa posiblemente) y otro de control negativo (vacío). Y así, tres de estos, por estadística. Todos los reactores a su vez se conectan a otro frasco de PE con NaOH para hacer una trampa de CO<sub>2</sub>. Contienen válvulas para cuando se realice la medición.

### PRECIOS Y LUGARES DONDE COMPRAR:

#### ■ Mangueras y conectores

- Vienen con válvulas, eso está bueno. Ya tienen los precios (no venden mangueras de silicona):

[espacio industria](#)

[todo gardena](#)

-Una empresa, MG, me dijo que no existen acoples a mangueras de silicona.

-Empresa Goma Filtros . Esta opción parece como la mejor calidad, de las que vi al menos:

[goma filtros - acoples](#)

[goma filtros - manguera silicona](#)

Comenté que necesito que la manguera y los conectores encastran bien y no me dijo nada al respecto, lo cual me hace dudar lo que me dijo la otra empresa, “que no existen”, jaja. Se piden a medida, lo cual no puedo pedir precio sin diámetro interno y externo de la manguera de silicona. El problema es que son industriales, fabrican rollos de 150m, de todas maneras el hombre me dijo que puede cortarnos unos 5 metros o lo que sea necesario (le dije 5m pero la verdad no sé cuanto exactamente). Así que, preguntar el grosor y la longitud de las mangueras.

-Empresa Interwest

Tienen los mismos conectores que Goma Filtros ( <http://www.interwest.com.ar/product/detail/97> ) el hombre me recomendó no usar manguera de silicona porque no encastran bien en los acoples, quizás de 1/2 pulgada sí

pero con abrazaderas y no está completamente seguro que funcione. **Recomendó mejor usar goma alimenticia que encastran perfecto y son más baratos que la silicona.**

-Empresa AccesTech S.A.

Venden mangueras de silicona ( <http://www.accesstechsa.com.ar/documentos/Mangueras%20Access%20XB.pdf> ), los conectores se mandan a hacer según material y grosor <http://www.accesstechsa.com.ar/catalogo/uso-farmaceutico/86/value-plastics—conectores-fijos> y me dijo que sí son para silicona!! Lo que no me convence mucho es la calidad, no parece que vayan a cerrar bien.

—————RESUMEN: manguera de silicona NO va bien con acoples, averiguar si se puede utilizar otro. (Salvo los de Accesstech pero no me convence la calidad y/o que cierren bien)

Para tener una noción de precios: MG vende entre \$400 y \$800 el metro, según diámetros; InterWest dijo que podría salir unos 10 o 12 usd el metro, por eso recomendó usar goma que es más barato y encastra mejor. De los demás no me cotizan hasta no saber las dimensiones—————

Frascos de vidrio	<a href="#">Zelian</a> : Frasco Schott c/tapa, Autoclavables +121°C	US\$5	
	<a href="#">Zelian</a> :Botella esterilización 500 ml Deltalab	US\$9.7	
	<a href="#">Zelian</a> Frasco cuadrado c/tapa a rosca 500 ml IVA <b>10 u.</b>	US\$12.5	
	<b>Mil envases:</b> Líquido cristal 500cc tapa inviolable <b>50 u.</b>	\$3.209	tapa chica
Varilla de vidrio	<a href="#">Figmay - Córdoba</a>	<a href="#">precios</a>	
	Lucas comentó que iba a preguntar a sus conocidos dónde las compraron		
Frascos de PE	<a href="#">Zelian</a> : Botellas en polietileno de 500 ml, Marca Deltalab,	US\$1.4	
Frasco lavador vidrio	<a href="#">Zelian</a> : Lavador Dreschel 500 ml, forma alta, c/placa porosa	US\$216.5	
Frasco lavador PE	<a href="#">Zelian</a> : Lavador integral 250 ml polietileno translúcido Deltalab	US\$6.1	

#### ■ NaOH

- Sigma Aldrich. Mucha cantidad y detalles que no entiendo.

Esos frascos no tienen tapas muy anchas, lamentablemente. Buscando con tapa de plástica ancha, los que encontramos son frascos grandes (**1.5L**) o sino de plástico (mil envases: **1.6L de PE** no tienen otra medida; **PVC 0.5L** ) (mil envases tiene más cosas en mercado libre que en su página web). Los de vidrio de 0.5L con tapa ancha suelen tener tapa de metal, lo cual no nos sirve.

Sobre los pasachapa: no encontramos de los que nos mostró Lucas, de plástico. Al menos en internet todo lo que aparece son tipo conectores metálicos, algunos ejemplos [aquí](#) o [aquí otro](#), todos de este estilo; metálicos. Y sino también así [este otro](#) más parecido a lo que nos mostró Lucas pero con nombre de cupla (metálico por dentro, con rosca)

Creemos que debemos priorizar la búsqueda de los pasachapa y las varillas de vidrio o tubos PE previo a los frascos (que parece lo más difícil de conseguir). Una vez tenido eso definido seguiremos buscando conectores y mangueras acuerdo a esos tamaños para que encastran bien.

## DMR

El esquema experimental sería el mismo que el CMR pero en vez de poner un **M CO2** en cada trampa de NaOH se conectarían a mangueras que converjan a una única manguera a la cual se le conecta un sensor NDIR. (previamente se le pone una trampa de agua para quitar el exceso de humidificación del aire, que puede dañar al sensor)

**ALGUNOS NDIR** (todos tienen límite de 50°C pero también el del paper, preguntar si la T alta es de la tierra pero quizás no del gas) pregunté en todos, esperando respuesta

- El de Castro-Aguirre : [LI-COR](#) recordar pedirle cotización de los 2
- Ultramat 6 y Ultramat 23 - Siemens - Dastec [Dastec](#)

- No tiene mucha pinta este pero bueno [condelectronica](#)
- WIKA: hay 4 tipos, 2 preparados para conductos de ventilación ( [https://www.wika.com.ar/upload/DS\\_SP6907\\_en\\_co\\_30](https://www.wika.com.ar/upload/DS_SP6907_en_co_30) ) y 2 para ambientes ( [https://www.wika.com.ar/upload/DS\\_SP6912\\_en\\_co\\_72665.pdf](https://www.wika.com.ar/upload/DS_SP6912_en_co_72665.pdf) ) . Los precios son 600 usd, o 730 usd con display (+ impuestos)

**15/05/20** Videollamada con Lucas en la UNSAM. Mostró que tienen el sistema CMR en versión grande (así llamado por él) todo con frascos de 3L aprox. y la idea es hacer lo mismo en miniatura. Ellos usaron mangueras negras de PE con conectores/bocas/codos también de PE. Explicó por qué es necesario una varilla de vidrio previo al frasco; es porque la manguera de silicona es muy flexible y no queda herméticamente cerrada. Por eso lo ideal es poner antes una varilla de vidrio hueca o un tubo de PE (googlearlos), que a su vez va dentro de un pasachapa y orrin que es para que comprima bien herméticamente (un sello). Es importante que la varilla o el tubo de PE tenga como mucho 3mm de diámetro interno porque sino necesitamos muchísima presión inicial (ellos tienen un equipo compresor que usan de aireador de unos 8bar). Por otro lado, la temperatura de los frascos se controlaría poniéndolos sobre alguna plataforma con agua.

Luego, de los reactores se conectan con mangueras a un recipiente con NaOH para capturar el CO<sub>2</sub>, y se mide con titulación. Este NaOH se vio que burbujeaba mucho menos, a causa de una gran caída de presión desde la inicial hasta el final.

Es fundamental pensar en automatizar este sistema. Lo que debemos hacer es, toda la primer parte dejarla igual pero a la salida de las trampas con NaOH llevar todas esas mangueras a una única junto a válvulas automatizadas, de manera que con código o un botón permita el paso de una y de otra para la medición. Si no tenemos esto no podemos usar el sensor NDIR (o sí, pero sería el mismo dolor de cabeza de antes tener que medir uno por uno).

Respecto a los NDIR: el ideal sería el LI-COR (que es el que usó Castro-Aguirre) que hay dos tipos: uno que mide solo CO<sub>2</sub> y otro que mide CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Si elegimos el primero debemos antes hacer una trampa de agua para no arruinar el equipo, si elegimos el segundo medimos directamente; pero debe ser bastante más caro; así que hay que ver si la trampa de agua resulta más barata que el medidor de H<sub>2</sub>O también.

**Por lo tanto, quedamos en que nuestro laburo ahora sea pensar en automatizar el sistema.**

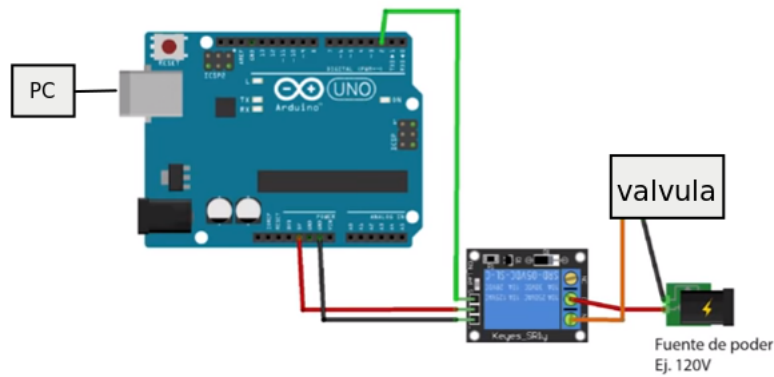
IDEA: programadores de riego

## Automatizar el Sistema

Para automatizar el sistema lo necesario es:

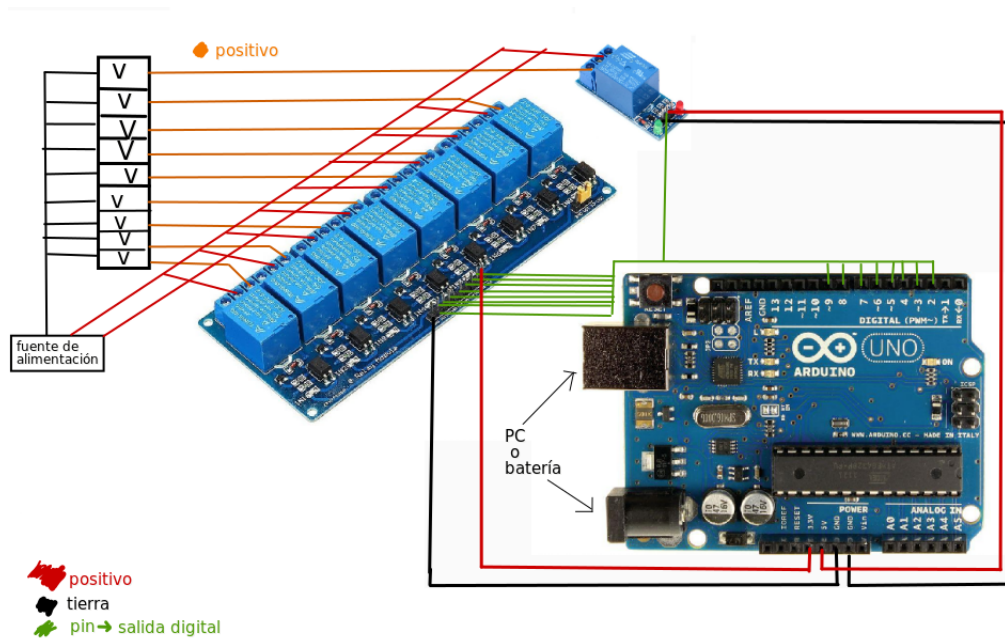
- Válvulas solenoides -> válvulas que se cierran/abren al ser alimentadas con voltaje. Hay que tener cuidado, en mercado libre hay muuuucho para agua (y caras), el aire es más difícil de controlar así que hay que ver de no tener pérdidas. Algunos que encontramos relativamente económicos; pero habría que probar 1 solo a ver si funciona:
  - [opción barata](#) (si aparece como publicación pausada darle enter nuevamente, o es casi lo misma que [esta otra](#) (~\$770)
  - [opción intermedia](#) (~\$1500)
  - [impagable, pero se ve buena](#) (~ \$3500)
- Arduino, donde vamos a codearlo para que se abren/cierren las válvulas en determinados horios (o cada cierta cantidad de tiempo) [Mega](#) (~\$1500) o [UNO](#) (~\$750) [redefinir si los output AC pueden usarse como DC]
  - Necesitará una fuente de alimentación (5V) que puede ser el USB de la computadora (o sea, una compu prendida durante todo el experimento), una buena batería o un enchufe+transformador
  - Relays, uno para cada válvula [1](#) (~\$130 c/u) - [módulo de 8](#) (~ \$850)
  - Cablecitos machos y hembras (son re baratos)
  - Si se quieren agregar cosas, como botones por ejemplo, se necesita un protoboard

Esquema con una sólo válvula:



**Figura 2:** Esquema electrónico para una sola válvula.

Y sumando todas las demás válvulas, quedaría algo así:

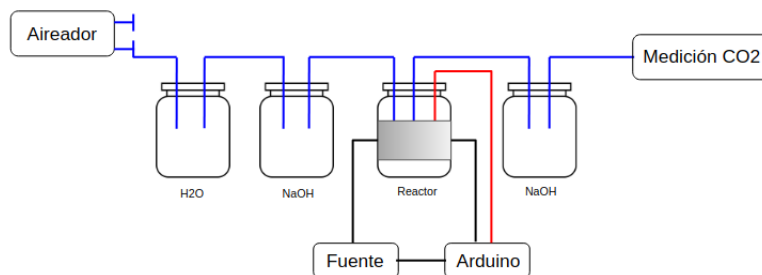


**Figura 3:** Esquema con 9 válvulas solenoide (marcadas como V).

Lo más caro de todo son las válvulas. Sino podemos ver de hacerlas ([aquí](#) por ejemplo hacen una), el funcionamiento es simple, pero no confiamos en nuestras habilidades, ya que esto tiene que quedar bien bien bien hermético

## 2. 2021

Quedamos en realizar el laboratorio 6 de manera presencial. La idea será ir lo menos posible. Primero actualizar el presupuesto, hablar con proveedores, adquirir los elementos y una vez que tengamos todo ir al laboratorio a ensamblar.



**Figura 4:** Esquema experimental para un sistema. Azul: manguera/tubo donde pasa el aire, rojo: termocupla, negro: cables.

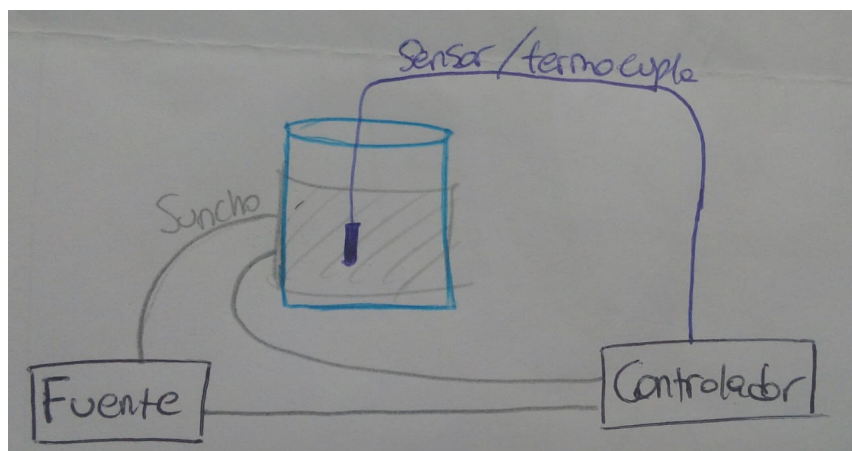
**Lunes 22/03/21** Hoy tuvimos una primer reunión en el laboratorio para que Lucas nos muestre algunas partes del experimento, para poder tomar medidas y tener mejor noción para buscar productos. La idea es buscar los productos y según el presupuesto total que lleva ver si hacer sistema de 3 reactores, 4 o los que se puedan. En la **Figura 4** puede verse el esquema experimental para un sistema. Luego veríamos, según lo que dé el presupuesto, qué cantidad armar de estos.

Lucía nos comentó cómo hacer el proceso de compra. Debemos pedir facturas (B o C) a nombre de la UBA y debe tener contenida una leyenda que es el código del subsidio. Luego, le pasamos la factura, ella la sube y hace la transferencia, y luego de unos días podemos ir a buscar los productos. Nos comentó que el subsidio no permite comprar equipos, que en el caso del aireador y del sensor CO2 pidamos que la factura diga otra cosa por el mismo monto; así con esa pequeña mentira podemos comprarlo. Además, ninguna compra debe ser superior a \$19.999 en un mismo lugar, sino no la pasa el subsidio.

**Martes 23/03/21** Tuvimos la primer reunión (virtual) con Silvia Ledesma y todos los estudiantes que cursan labo 6. Nos contó cómo se va a trabajar durante el cuatrimestre. Le comentamos nuestra situación de poder realizar el laboratorio de forma presencial y nos ha permitido. Le pasamos el plan de trabajo.

Buscamos los elementos del equipo, pedimos cotización y lo fuimos cargando en una plantilla de excel en drive compartido entre los 4. Llevó varios días encontrar las cosas, consultar, esperar a que respondan, ver si conviene o no tal producto, seguir buscando, etc.

**Jueves 01/04/21** Ya hablamos con los proveedores de casi todos los elementos, pero nos dimos cuenta que debemos ir al laboratorio antes de comprar uno último. Para calentar los frascos usaremos sunchos, que son resistencias que rodean al frasco, como muestra la figura.



**Figura 5:** Sistema de calentamiento

El problema es que no sabemos cuánto voltaje debemos alimentarlo para la temperatura deseada (cerca de los 55°C). Podríamos usar un variac, pero son manuales y la idea es tener todo automatizado. Así que usaremos



potenciómetros y lo controlaremos con el arduino para hacer un PID. El problema es que se venden por rangos (0-26V, 0-35V, 25-83V, etc) y no conocemos el rango que vamos a utilizar. Así que debemos ir al laboratorio a medirlo. Al darnos cuenta de esto les pedimos a Lucas y Lucía hacer una videollamada, les comentamos la situación y estuvieron de acuerdo. Les mostramos todos los precios cómo venían y nos pidieron que usemos termocuplas largas, frascos más largos, etc así que actualizamos eso para el lunes (ya que es feriado, semana santa). En la videollamada también discutimos qué sensor de CO2 usar, la idea es usar uno con arduino. Encontramos de opciones:

- SENSOR GAS MQ-135, que mide amoníaco, nitrógeno, benzeno, CO2 y humo. Sale cerca de \$300. Nos parece genial el precio, pero raro que mida tantas cosas, así que no nos parece confiable. Se nos hace que debe detectar si hay o no, pero no debe dar una cantidad
- SENSOR GAS CO2 MG-811 a \$10.000 . Este sí genera buena confianza, es un sensor específico para eso, además mide 2cmx2cm así que es excelente para las dimensiones de nuestro trabajo. La forma en la que trabaja es que cambia su resistencia según el CO2 analizado. El problema es que es muy caro.
- SENSOR DE CO2 Mh-z16 a \$6400. Funciona como NDIR, por infrarrojo, lo cual es más confiable. Tiene buen precio. El problema es que es grande (es un tubito de 10cm de largo y unos 3cm de diámetro) entonces su medición debe ser ambiental, no local, entonces debemos armarle un envase propio para que acumule y mida allí CO2.

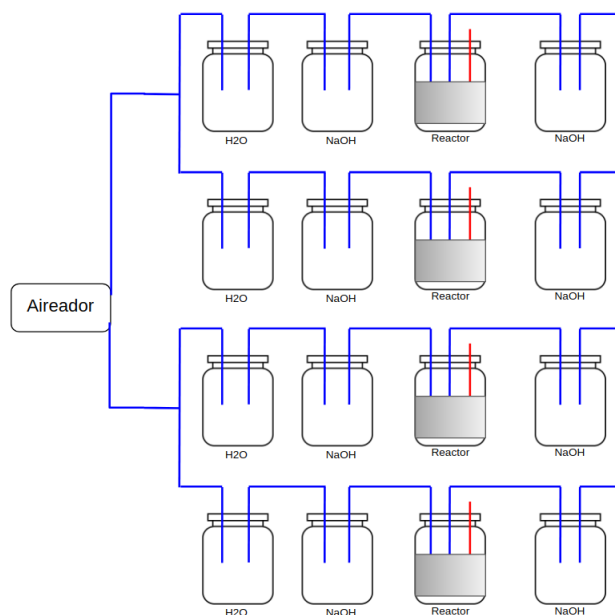
Finalmente, los precios de los elementos necesarios fueron

Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio	Proveedor
Frasco Schott 500ml	1	20 USD	2000	<a href="#">Investiglas</a>
Envase PE	3	\$85	\$255	MIL ENVASES
Tubo de poliuretano 6mm	2	\$127	\$254	<a href="#">Tecno</a>
Conector codo	8	\$126	\$1.008	<a href="#">Tecno</a>
Pasachapa 4-8mm	9	\$76	\$684	<a href="#">Symnet</a>
Sunchos	1	\$1.890	\$1.890	<a href="#">GSA Térmicos</a>
Termocupla	1	\$1.320	\$1.320	<a href="#">Shuk</a>
Arduino UNO	1	\$973	\$973	<a href="#">Unibot</a>
Cablecitos m-m 20x40cm	1	\$150	\$150	<a href="#">Unibot</a>
Protoboard 400 puntos	1	\$200	\$200	<a href="#">Unibot</a>
Aireador	1	\$3.030	\$3.030	<a href="#">Cuestion de pec</a>

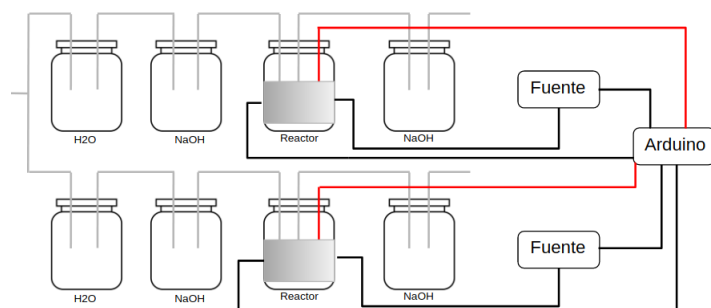
**Figura 6:** Precios de los elementos

Y comparamos si conviene armar 3 sistemas o 4 sistemas. Esta comparación la hicimos teniendo en cuenta que tenemos una compra de base indivisible (aireador+arduino+cablecitos) por \$4353 y luego cada sistema (frasco+sunchos+termocupla, etc) sale \$7411. Sumándole a cualquiera de los casos los \$6400 del sensor.

Comparándolos, nos confirmaron que el presupuesto da para 4 sistemas de reactores. Así, entonces, el esquema experimental completo sería el que se ve en la **Figura 7 y 8** (sin la parte eléctrica para no hacer un enrollito).



**Figura 7:** Esquema mecánico de 4 sistemas, sin la parte termo-eléctrico.



**Figura 8:** Esquema termoeléctrico. Se muestra para dos sistemas, para los otros dos es análogo compartiendo el mismo arduino.

**Semana del 05/04** Durante toda la semana estuvimos pidiéndoles a los proveedores facturas y los datos para realizar la transferencia. Llevó toda la semana ya que fueron unos 8 proveedores y algunos tardaban bastante en contestar, no pasaban todos los datos, etc.

Los datos que les teníamos que pedir era CBU, Titular (nombre del titular), CUIL o CUIT (aclarar cuál), Banco, Sucursal, N° de Cuenta, Tipo de cuenta, Mail. Y la mayoría no enviaba la sucursal e incluso uno ni la sabían, esto demoró bastante la comunicación.

Las facturas se las pasamos a Lucía y luego ella los carga en el sistema junto a los datos bancarios. En los siguientes días el subsidio lo revisaba y aprobaba, y ellos realizaban la transferencia. Esto era así en las facturas que fueran superiores a \$3000. Las que eran menores había que juntarlas hasta que lleguen a \$3000, y tuvimos el problema de que las únicas tres facturas menores, juntas llegaban a \$2950 y tuvimos que buscar algo más de \$50 para poder llegar a los \$3000. Le queríamos pedir un envase pero el proveedor nos dijo que solo por uno no nos hacía factura... así que buscamos alguna otra cosa que le sirva al laboratorio. Terminamos comprando pipetas pasteur.

**Semana del 20/04** Una vez que el subsidio hizo las transferencias fuimos a buscar los materiales, nos distribuimos según cercanía. Fede fue a buscar los pintados en violeta y Caro los pintados en azul, según lo que se ve en la **Figura 9**. En la **Figura 10** puede verse un a cuadrilla que detalla las compras realizadas y los costos.



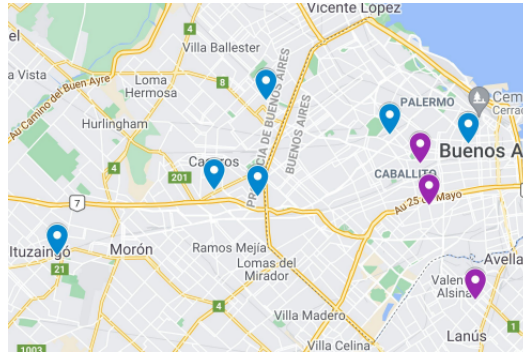


Figura 9: Mapa de la mercadería que retiramos.

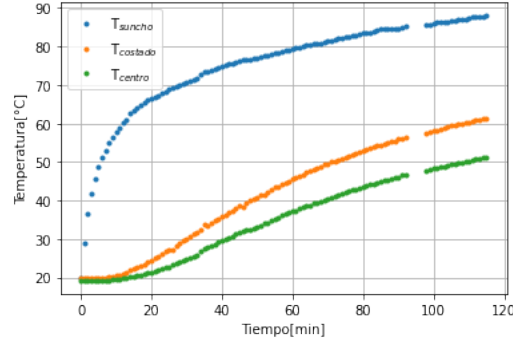
Proyecto PICT startau 2016							
#	Fecha	Factura N°	Concepto	Proveedor	Monto	Forma de pago	Observaciones
1	6/4/2021	0002-00000206	Resistencia tipo suncho 100x60 mm (4)	GSA Térmicos	7.560,00	Trasferencia al proveedor	Pagado/comprobante - Falta retiro/ remito o recibo
2	6/4/2021	0003-00000035	Frasco Schott 500 ml boca GL80 (4)	Investiglass	9.464,00	Trasferencia al proveedor	Pagado/comprobante - Retirado con remito
3	7/4/2021	0002-00003269	Prensacables (10)	SymNet - Molinacrea SRL	507,12		Pagado/comprobante - Retirado con remito
4	7/4/2021	00011-00002319	POTE PL "CF" x 1000L (12)	Casa de los Mil Envases	1.131,24		Pagado/comprobante - Retirado con remito
5	7/4/2021	0001-00004349	Arduino, Protoboard, Cables	Unibot (Alberto Ivan Sirtautas)	1313		Pagado/comprobante - Retirado con remito
6	7/4/2021	00001-00002638	Aireador (1)	h de Peces (CABRERA LILIANA E	3120	Trasferencia al proveedor	Pagado/comprobante - Retirado con remito
7	09/04/2021	00005 - 0000122	Termocupla tipo J modelo:Sonda Cable 1M (4)	Shuk (GRUPO TORNADO SA)	5.566,24	Trasferencia al proveedor	Pagado/comprobante - Retirado con remito
8	12/04/2021	0007 - 00018022	Pipeta Pasteur Plástica 3ml X 50 unidades	NSTRUMENTAL PASTEUR S.R.L	434		Pagado/comprobante - Retirado con remito
9	30/04	0009-00005042	Iretano 6mm (x10m), conector codo (32), cone	Distritec S.A.	8.588,77		Pagado/comprobante - Retirado con remito
10	12/05	0002-00003502	Prensacables (26)	SymNet - Molinacrea SRL	1351,48		
11							
12							
					32.338,37		

Figura 10: Compras realizadas.

**Viernes 07/05** Fuimos al laboratorio a llevar toda la mercadería. Usamos un variac conectado a un suncho para ver cuánto voltaje sería necesario para que, en su interior, se tenga una temperatura de 52°C. Observamos que con 50V llega y supera los 50°C. Por lo tanto, para la realización del PID pensamos movernos entre 50V y 75V. Para ello, necesitaremos una fuente variable digital o un potenciómetro digital, para poder controlarla con arduino.

**Miércoles 12/05** Hablamos con Matías, el técnico de laboratorio, y nos recomendó hacer un PID pero simplemente con on/off, sin fuente variable. Nos contó que los controladores PID que ellos tienen en el labo no tienen fuentes variables, son on/off pero con la programación de un PID, enviando muchos pulsos que aparentan fuentes variables. Por lo tanto, nos queda conseguir relays para realizar el PID.

Además, medimos la resistencia del suncho ( $R = 142.6\Omega$ ,  $P = 350W$ ) y llevamos tierra (compost orgánico) para analizar cuánta inercia tenemos. La tierra la mojamos con agua y la escurrimos para sacar el exceso, para que resulte húmeda. Tomamos un frasco de vidrio, un suncho y 3 termocuplas cuyas ubicaciones fueron una externa pegada a la resistencia (llamada  $T_{suncho}$ ), la siguiente a la mitad del centro (llamada  $T_{costado}$ ) y la otra en el centro (llamada  $T_{centro}$ ). Alimentamos al suncho con un variac a 60V y tomamos mediciones de las 3 temperaturas, cada un minuto. Los resultados fueron (el gap se debe a una interrupción):



Observamos que se mantiene casi constante una diferencia de 40°C entre la temperatura del suncho y la del centro, dando como una primera impresión mucha inercia térmica, lo cual era esperado dado que la tierra es básicamente aislante (a veces se lo utiliza con ese fin). Además, se puede observar que el tiempo de respuesta al centro es alrededor de 15 minutos. Manteniendo a 60V constantemente, luego de dos horas el suncho ha llegado casi a los 90°C y el centro ha llegado a los 52°C, que es la temperatura deseada. Ninguna de las dos temperaturas se estabilizaron, no hemos medido cuándo se estabilizará la temperatura, pero creemos que tardaría mucho más.

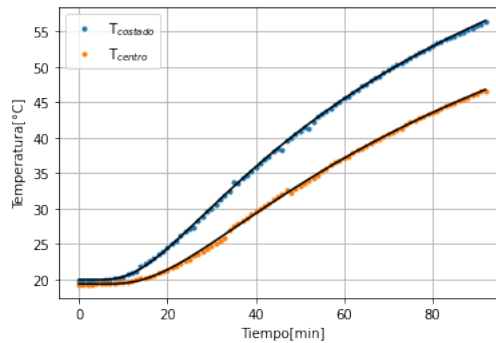
El suncho es nuestro parámetro de control, y será el que utilizaremos para el PID. Dada este gráfico, podemos observar que a 60V mantiene un rango lineal luego de los 65°C. Si hacemos un PID con 60V con el objetivo de que la temperatura fuera cerca de 55°C, estaríamos moviéndonos en el rango exponencial de la curva, lo cual estaría apagándose y prendiéndose de manera muy frecuente. Creemos que, sería más conveniente movernos en un rango lineal. Por dicha razón, deberíamos entonces tener un voltaje de 50V o incluso menos (a diferencia de 60V) para así tener un rango lineal cerca de los 55°C.

Probamos, por curiosidad, fittear la medición con la función error:

$$T(x, t) = 2 \frac{F_0}{K} \left[ \sqrt{\frac{\kappa t}{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\kappa t}\right) - \frac{x}{2} \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\kappa t}}\right) \right]$$

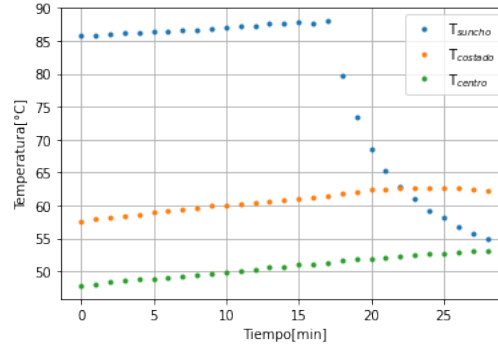
con  $F_0$  el flujo de calor,  $K$  la conductividad,  $\kappa$  la difusividad y  $x$  la distancia respecto a la fuente de calor.

Dejando como parámetros libres  $\kappa$ , llamando  $A$  a la amplitud y sumándole un  $B$ . Con todo eso no funcionó, así que lo planteamos con solo la parte de  $\operatorname{erf}()$  y lo hizo excelente:



El resultado de esto, dio un kappa de ..... analizar

Luego de estas dos horas de medición, vimos que el centro llegó a los 52°C, nuestro objetivo, y claro que iba a ir subiendo la temperatura ya que el exterior tenía alrededor de 90°C. En ese momento, apagamos el variac y medimos. Las mediciones se encuentran a continuación:



Por falta de tiempo, pudimos medir sólo hasta ahí, pero observamos el típico caracter con decaimiento exponencial. Además, la curva de  $T_{\text{costado}}$  deja de crecer luego de unos minutos, mientras que  $T_{\text{centro}}$ , pasando cerca de 10 minutos aun no se ha enterado del cambio.

Una pena no haber podido realizar las siguientes mediciones.

La próxima estaría bueno improvisar de manera que el suncho mantenga siempre una temperatura de  $\sim 55^\circ\text{C}$  (haciendo un on/off manualmente) para analizar si el centro efectivamente llega a los  $52^\circ\text{C}$ .

## Referencias

- [1] G. Kale, R. Auras, S. P. Singh, R. Narayan - *Biodegradability of polylactic bottles in real and simulated composting conditions.*
- [2] E. Castro-Aguirre, R. Auras, S. Selke, M. Rubino, T. Marsh - *Insights on the aerobic biodegradation of polymers by analysis of evolved carbon dioxide in simulated composting conditions.*