

# APRENDIZAJE BASADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

## PROTOTYPE-BASED LEARNING IN FOOD ENGINEERING EDUCATION

C. Santacruz Vázquez<sup>1</sup>  
V. Santacruz Vázquez<sup>2</sup>  
S. Toxqui López<sup>3</sup>

### RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una experiencia docente vivida durante la época de pandemia, fundamentada en la aplicación de una metodología activa denominada Aprendizaje Basado en la Construcción de Prototipos (ABCP). Estrategia adaptada para la enseñanza de los conceptos de viscosidad y consistencia en los cursos de Ingeniería de Alimentos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. En la metodología aplicada Aprendizaje Basado en la Construcción de Prototipos, los estudiantes se dieron a la tarea de investigar, proponer y crear un prototipo de diseño, implicando un trabajo multidisciplinario para la resolución de un problema real, enfrentando diversas problemáticas debido a la complejidad de la situación de pandemia vivida en los últimos años en el mundo entero. Sin embargo, se logró el aprendizaje objetivo planteado, la construcción de un sistema prototipo para la determinación de la viscosidad y consistencia de alimentos en la enseñanza de la ingeniería.

### ABSTRACT

This paper presents a teaching experience lived during the pandemic period, based on the application of an active methodology called Active Learning Based on the Construction of Prototypes (ABCP). Strategy adapted for teaching the concepts of viscosity and consistency in Food Engineering courses at the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. In the methodology applied Learning Based on the Construction of Prototypes, students were given the task of researching, proposing and creating a design prototype, involving a multidisciplinary work for the resolution of a real problem, facing various issues due to the complexity of the pandemic situation experienced in recent years worldwide. However, the learning objective was achieved, the construction of a prototype system for the determination of viscosity and consistency of food in engineering education.

### ANTECEDENTES

Las pandemias en el mundo llegan para modificar la cotidianidad de todos los ciudadanos, en aspectos sociales, de salud, económicos y educativos. El nuevo brote de coronavirus se expandió por distintos países, quienes al igual que México tuvieron que optar por cambiar la metodología de la educación, con el fin de no afectar el proceso de aprendizaje en los estudiantes en todos los niveles educativos.

Aunado a lo anterior, la formación universitaria en general tiene un propósito: preparar y generar en los estudiantes las destrezas, habilidades y conocimientos suficientes en su futura profesión (López, 2014). Las dificultades que presentan los estudiantes en su aprendizaje

<sup>1</sup> Coordinadora de la Maestría en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [clausanva@yahoo.com.mx](mailto:clausanva@yahoo.com.mx)

<sup>2</sup> Profesora Asignatura. Facultad de Ingeniería Química. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [versanva@gmail.com](mailto:versanva@gmail.com)

<sup>3</sup> Profesora Asignatura. Facultad de Ingeniería Departamento de Ciencias Básicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [stoxqui72@hotmail.com](mailto:stoxqui72@hotmail.com)

constituyen una constante preocupación para quienes nos dedicamos a la enseñanza; además de buscar estrategias relacionadas con el mejoramiento de la calidad de la educación (Díaz, *et al.*, 2016; Iñiguez, *et al.*, 2017), aunado a la no presencialidad ocasionada por el confinamiento sanitario por la pandemia vivida a nivel mundial ocasionada por el virus de SARS-Cov2 y la no presencialidad en los laboratorios de investigación y docencia. Por lo que, en el presente trabajo se utilizó la metodología activa denominada Aprendizaje Basado en la Construcción de Prototipos (ABPC) en el curso de Ingeniería de Alimentos, impartido a estudiantes de la licenciatura en Ingeniería en Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química.

### **Reología y dispositivo de medición**

La reología alimentaria está despertando un progresivo interés, tanto desde el punto de vista académico como industrial, ya que, sus aplicaciones son numerosas en el control de calidad, textura, ingeniería de procesos, desarrollo de productos y optimización de formulaciones (Ocampo, 2018).

El conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los alimentos es muy importante por numerosas razones, entre las que destacan las aplicaciones que se detallan a continuación:

- a) Diseño de procesos y equipos en ingeniería: el conocimiento de las propiedades de comportamiento al flujo y de deformación de los alimentos son imprescindibles en el diseño y dimensionado de equipos tales como cintas transportadoras, tuberías, tanques de almacenamiento, pulverizadores o bombas para el manejo de alimentos. Además, la viscosidad se utiliza para la estimación y cálculo de los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, calor y energía.
- b) Evaluación sensorial: los datos reológicos pueden ser muy interesantes para modificar el proceso de elaboración o la formulación de un producto final de forma que los parámetros de textura del alimento se encuentren dentro del rango considerado deseable por los consumidores.
- c) Obtener información sobre la estructura del alimento: los estudios reológicos pueden aportarnos información que facilite una mejor comprensión de la estructura o de la distribución de los componentes moleculares de los alimentos, especialmente de los componentes macromoleculares, así como, para predecir los cambios estructurales durante los procesos de acondicionamiento y elaboración a los que son sometidos.
- d) Control de calidad: las medidas de la viscosidad en continuo son cada vez más importantes en muchas industrias alimentarias con objeto de controlar el buen funcionamiento del proceso productivo, así como, la calidad de las materias primas, productos intermedios y acabados.

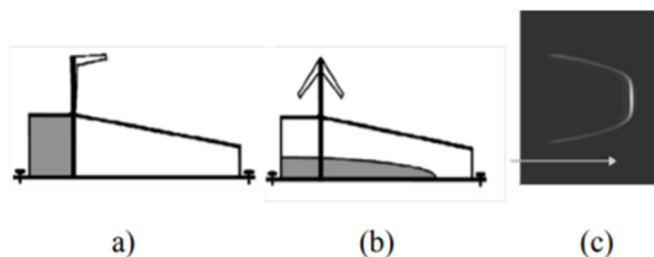
### **Consistómetro de Bostwick**

Es muy utilizado en la medida de la consistencia de alimentos semisólidos como purés de tomate y salsas de tomate tipo “Cátsup”, purés de frutas, mermeladas y todo tipo de alimento que sea excesivamente viscoso para ser medido en un viscosímetro. El instrumento consiste en una bandeja alargada de acero inoxidable con una base de 29 cm de longitud y 5 cm de ancho. La altura de la pared es de 3.8 cm, la cubeta donde se deposita la muestra es de 5 cm de longitud y está separada del resto por una plancha de guillotina. El resto del fondo de la

bandeja es de 24 cm de longitud tiene una escala graduada formada por líneas transversales y separación entre líneas de 0.5 cm (Steffe, 1996).

El consistómetro de Boswick es un invento y patente del químico farmacéutico E.P. Boswick trabajador del USDA (Oficina Central de Illinois-Chicago). Boswick quien era especialista en Marketing se desempeñó en el área de clasificación de enlatados de frutas y hortalizas. E.P. Boswick natural de Oak Park, Illinois, solicita su patente el 12 de diciembre de 1941 y se le otorga la misma el 15 de septiembre de 1942 (con el número 422706) para libre uso en los Estados Unidos. La patente otorgada por la Oficina de Patentes a Elmer P. Boswick aplica en virtud de la Ley del 3 de marzo de 1883, modificada por la Ley del 30 de abril de 1928, y la invención descrita y reclamada, patentada, puede ser fabricada y utilizada por o para los Estados Unidos con fines gubernamentales sin el pago de los derechos respectivos. Esta invención se refiere a un dispositivo (consistómetro) para determinar la consistencia de materiales y para hacer determinaciones rápidas de consistencia, de los diversos materiales semisólidos de frutas y verduras procesadas, y productos similares (Boswick, E.P. (1942). Consistometer. U.S. patent 2,295,710). La industria alimentaria utiliza muchos instrumentos empíricos para medir el comportamiento del flujo de productos alimenticios.

Estos dispositivos se utilizan para medir características reológicas empíricas, pero las respuestas encontradas tienen diferentes usos como monitorear la calidad, correlacionar características sensoriales, o incluso servir como patrones oficiales para identificar materiales (Steffe, 1996). El primer compartimento o espacio es cuando se baja la puerta. Esta sección se carga con el fluido al comienzo de la prueba que se inicia pulsando un disparador que libera la puerta. El fluido baja porque la gravedad lo permite. El otro espacio que está inclinado. El piso de la cubeta se gradúa cada medio centímetro y el movimiento hacia abajo del canal refleja las propiedades del fluido, la Figura 1 esquematiza el diseño del consistómetro de Boswick.



**Figura 1.** Esquema de consistómetro de Boswick: (a) antes de abrir la compuerta y (b) después de abrir la compuerta e (c) imagen del perfil de velocidad de una muestra de concentrado de tomate. Recuperado de Sacama (2012)

## METODOLOGÍA

Para la actividad se planteó desarrollar un prototipo denominado consistómetro de Boswick para la enseñanza de los conceptos de viscosidad y consistencia de alimentos. Dicha actividad se planteó ser realizada en forma grupal en equipos de cinco personas, estableciendo un periodo de entrega del prototipo de cinco meses. El equipo para desarrollar debería ser elaborado de cualquier material con dimensiones específicas y debería ser entregado mediante la elaboración de un reporte escrito. Dicho reporte debería contener el objetivo del

proyecto, desarrollo del prototipo, presentación del mismo, análisis de resultados, prueba de funcionalidad, conclusiones y bibliografía, además de adjuntar evidencias fotográficas. La rúbrica de evaluación estableció como criterios de evaluación el tiempo de entrega, la calidad del trabajo escrito, calidad del prototipo presentado, la utilidad de este y el diseño. Siendo el instrumento de evaluación una herramienta cualitativa para determinar el grado de satisfacción del profesor respecto al desarrollo de la actividad, misma que se presenta en la Figura 2.

**RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE PROTOTIPO PARA LA ENSEÑANZA DE TÓPICOS EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

NOMBRE DEL EQUIPO: \_\_\_\_\_

FECHA DE EVALUACIÓN (DD/MM/AAAA): \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Instrucciones:** De acuerdo con la presentación y reporte realizado por el alumno marque con una X el cumplimiento de cada uno de los factores indicados en la Tabla 1. Indique las observaciones que considere relevantes.

Requisitos mínimos para el cumplimiento de la actividad denominada desarrollo de un prototipo

No.	Requisitos	Excelente (10)	Muy Bien (9)	Bien (8)	Regular (7)	Suficiente (6)
1	Tiempo de entrega Criterio: Realizar la entrega del reporte en el tiempo establecido					
2	Calidad del trabajo escrito Criterio: Cumple con el objetivo del proyecto, desarrollo del prototipo, presentación, prueba de funcionalidad, utilidad del mismo y funcionalidad					
3	Calidad del prototipo presentado Criterio: El prototipo presentado cumple con las dimensiones proporcionadas por la profesora, cumple con la funcionalidad, utilidad y diseño					
4	Contiene evidencias fotográficas Criterio: Presentar evidencias del trabajo realizado por los estudiantes					

Recomendación: \_\_\_\_\_

Fecha de evaluación (DD/MM/AA): \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

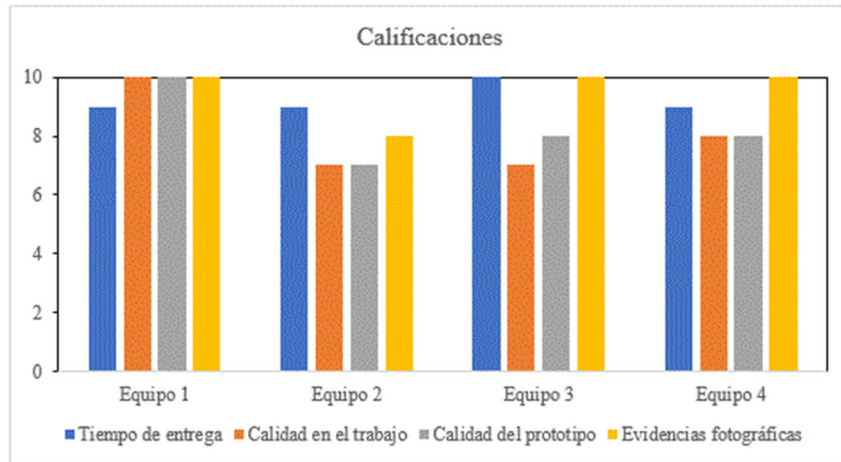
Nombre y Firma de la profesora: \_\_\_\_\_

**Figura 2.** Rúbrica de evaluación utilizada para la evaluación del proyecto

Los datos de la evaluación realizada de acuerdo con la rúbrica antes mencionada fueron analizados, y graficados utilizando el programa Excel. Las calificaciones fueron dadas a conocer a los estudiantes y, posteriormente, se llevó a cabo una entrevista con estudiantes para llevar a cabo un análisis de resultados y plantear una retroalimentación de la experiencia enseñanza aprendizaje. Los datos fueron recopilados, graficados y analizados mediante el diagrama de Pareto, tomando en cuenta que esta es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades y constituye un sencillo método de análisis, que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema y los de menos importancia. Esta herramienta permite centrarse en los aspectos cuya mejora tendrá más impacto, optimizando por tanto los esfuerzos, proporcionando una visión simple y rápida de la importancia de los problemas, además de proporcionar ideas para procesos de mejora continua.

**RESULTADOS**

Los resultados de las evaluaciones de los cuatro equipos quienes presentaron el prototipo se presentan en la Figura 3.



**Figura 3.** Resultados de evaluación en la evaluación del proyecto

La frecuencia de ocurrencia de los factores que limitaron la realización del proyecto arrojados por la encuesta aplicada a los estudiantes posterior a la entrega del trabajo final se presenta en la Tabla 1.

En la Tabla 1, podemos observar que una de las causas que limitaron el desarrollo del trabajo de investigación fue el confinamiento social, lo que dificultó el diseño y desarrollo del prototipo. En menor porcentaje se encuentran los problemas familiares y personales. Conversando con los estudiantes referente a esta causa, expresaron que estos factores afectan su capacidad en el aprendizaje: están desmotivados, su mente está en sus problemas familiares, no presentan deseos de estudiar, o bien hay necesidades económicas familiares, algunos estudiantes enfrentaron la pérdida de algún familiar, aunado a la falta de conectividad y finalmente a dificultad para efectuar el prototipo. Son varias las propuestas de mejora, la implementación de métodos de enseñanza más prácticos. El objetivo de esta estrategia es que el estudiante entienda que lo aprendido en clases teóricas tiene alguna aplicación, más en situaciones críticas como la pandemia. El gráfico sobre factores y frecuencia de ocurrencia en el desarrollo del proyecto se presenta en la Figura 4.

**Tabla 1.** Factores y frecuencia de ocurrencia en el desarrollo del proyecto

Problemas en el desarrollo del proyecto	Frecuencia	Frecuencia (%)	Frecuencia acumulada (%)
Falta de comunicación por parte del equipo	1	4%	4%
Desconocimiento del manejo de herramientas de diseño	2	8%	13%
Problemas familiares y personales	2	8%	21%
Mala conectividad de la red de internet	3	13%	33%
Dificultad para elaborar el prototipo	3	13%	46%
Dificultad para conseguir los materiales	4	17%	63%
Distinta ubicación para realizar el trabajo	4	17%	79%
Confinamiento social por la pandemia	5	21%	100%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	



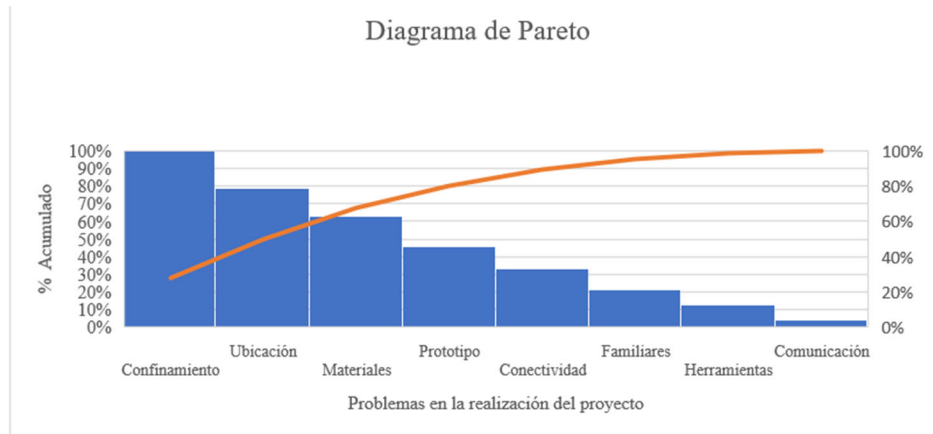


Figura 4. Diagrama de Pareto



Figura 4. Galería fotográfica de los prototipos realizados por los estudiantes

**CONCLUSIONES**

De acuerdo con la experiencia docente vivida, es posible apreciar que el rendimiento académico de un estudiante depende de muchos factores y éstos pueden ser académicos, personales además de considerar el aislamiento social, debido a la pandemia, lo cual dificultó la tarea asignada a los estudiantes. No todas las estrategias académicas funcionan de igual manera para todos los estudiantes y para todas las materias, por lo que es conveniente evaluar las estrategias a utilizar. Sin embargo, todos los estudiantes respondieron en mayor o menor medida al reto asignado en la materia. Siendo una opción el aprendizaje basado en la construcción de prototipos en la enseñanza de ingeniería de alimentos durante la época de pandemia.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Díaz, C., García, J. y Molina, A. (2016). ¿Dónde está la clave del éxito académico? Un análisis de la relación entre el uso del tiempo y el rendimiento académico. *Cultura y Educación*, vol. 28(1), pp. 173-195. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5402457>
- Díaz, R. (2018). *Reología aplicada a sistemas alimentarios*. Editorial Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/270/1/CORRECCIONES-ilovepdf-compressed.pdf>
- Iñiguez, C., Aguilar, W., de las Fuentes, M. y Rodríguez, R. (2017). El interés en la química general para ingenierías y el bajo rendimiento escolar. *Formación universitaria*, vol. 10(4), 33-42. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062017000400004](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062017000400004)
- López, D. (2014). *Estrategias para superar el bajo rendimiento en el estudiante superior del primer año*. Cibertec. [https://my.laureate.net/Faculty/webinars/Documents/Freshmen2014/Mayo2014\\_EstrategiasParaSuperar.pdf](https://my.laureate.net/Faculty/webinars/Documents/Freshmen2014/Mayo2014_EstrategiasParaSuperar.pdf)
- Steffe, J. (1996). *Rheological methods in food process engineering* (2<sup>nd</sup> Ed.). Freeman Press. <http://phariyadi.staff.ipb.ac.id/files/2013/02/STEFFE-Rheology-Book.pdf>